

**Informe nº: 2418Y078S -ko txostena**

**ESKATZAILEAREN DATUAK / DATOS DEL PETICIONARIO:**

Izen-abizenak / Nombre...: ASOCIACIÓN ESPAÑOLA SOMBREADO SOLAR  
(AES-SO)

Helbidea / Domicilio.....: C/ ORENSE, nº 70, PLANTA 9, PUERTA 2

Herria / Localidad .....: 28020 MADRID

**ENTSEATU BEHARREKO MATERIALA / MATERIAL A ENSAYAR:**

TS-2418-078 Aula tipo de edificio de educación  
secundaria.

**ESKATUTAKO ENTSEGUAK / ENSAYOS SOLICITADOS:**

Estudio del potencial de protecciones solares dinámicas  
en institutos tipo y en 4 climas de España, con  
simulación dinámica en Design Builder, E+.

Egiaztagiri honek laborategian jasotako laginei egindako entseien emaitzen azalpena jasotzen du, hortaz, Eusko Jaurlaritzako Etxebizitza, Lurzoru era Arkitektura Zuzendaritzako Etxegintzaren Kalitatea Kontrolatzeko Laborategiak bakar-bakarrik du berak entseiatutako ezaugarrien erantzukizuna, alegia, jasotako laginei dagozkienak eta ez produktuari oro har. Hemen biltzen diren ondorioek ez dituzte inolaz ere gainditzen entseiu horiek finkatzea uzten dituzten eragina eta esanahia.

Ez zaie egiaztagiri honen berririk emango hirugarrenei, eskatzaileak berariazko baimena eman ezean, lan horiek izaera partikular eta isilpekoa baitute.

Ez da agiri hau kopia edota argitaratzeko baimenik ematen, Eusko Jaurlaritzako Etxebizitza, Lurzoru era Arkitektura Zuzendaritzako Etxegintzaren Kalitatea Kontrolatzeko Laborategiak idatzizko baimena eman ezean, entseian lortutako emaitza guztiak jaso beharko direla bertan.

Egiaztagiri hau Eusko Jaurlaritzak Euskal Herriko Unibertsitatearekiko egindako lankidetzaren hitzarmena oinarri hartuta, Eusko Jaurlaritzaren Eraikuntzaren Kalitate Kontrolerako Laborategiko Area Termikoa garatzeko.

Este certificado contiene la exposición de los resultados obtenidos en los ensayos a que han sido sometidas las muestras recibidas en el Laboratorio, por lo que el Laboratorio de Control de Calidad de la Edificación de la Dirección de Vivienda, Suelo y Arquitectura del Gobierno Vasco responde únicamente de las características por él ensayadas, referidas a las muestras recibidas y no al producto en general, y las conclusiones que aquí se formulan no exceden, en ningún caso, el alcance y significado que permiten establecer dichos ensayos.

De este certificado no se facilitará información a terceros, salvo autorización expresa del peticionario, considerando estos trabajos de carácter particular y confidencial.

No se autoriza la transcripción y/o publicación de este documento sin el consentimiento por escrito del Laboratorio de Control de Calidad de la Edificación de la Dirección de Vivienda, Suelo y Arquitectura del Gobierno Vasco, debiendo reflejarse en ella todos los resultados obtenidos en el ensayo.

Este certificado se ha emitido en base al convenio celebrado por el Gobierno Vasco, de colaboración con la Universidad del País Vasco para el desarrollo del Área Térmica del Laboratorio de Control de Calidad en la Edificación del Gobierno Vasco.

Vitoria-Gasteiz, 2026ko martxoaren 4an  
En Vitoria-Gasteiz, a 4 de mayo de 2026

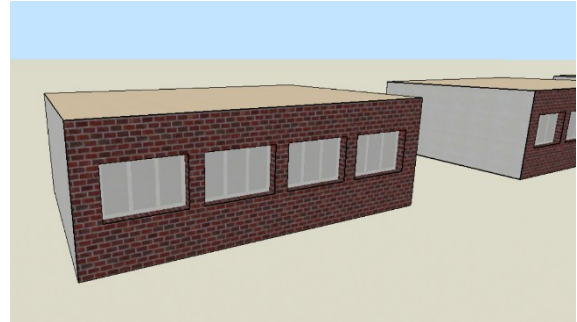
## ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO.....	3
1. OBJETO.....	7
2. NORMAS DE REFERENCIA.....	7
3. METODOLOGÍA.....	7
4. DEFINICIÓN DE LOS CASOS DE SIMULACIÓN.....	9
4.1. Climatologías y orientaciones.....	9
4.2. Sistemas de sombreado analizados.....	9
4.3. Definición de las tipologías de aula.....	11
4.4. Construcción del aula.....	12
4.5. Actividad interna.....	14
4.6. Iluminación.....	15
4.7. Ventilación.....	16
4.8. Activación automática de los sombreados.....	19
5. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	19
5.1. Potenciales de mejora.....	19
5.1.1. Reducción del Sobrecalentamiento.....	19
5.1.2. Reducción de la necesidad de Refrigeración.....	20
5.1.3. Bajada de las Temperaturas interiores.....	21
5.1.4. Efecto de cada variable en los potenciales de mejora.....	22
5.2. Resultados generales.....	23
5.2.1. Sobrecalentamiento respecto a 26 y 28 °C.....	23
5.2.2. Demanda y Potencia de refrigeración.....	25
5.2.3. Temperaturas interiores.....	27
5.2.4. Efecto de cada variable en los resultados.....	30
5.3. Ejemplos de casos y análisis detallado.....	32
5.3.1. Ejemplo 1: Almería - Ed. existente - Este.....	32
5.3.2. Ejemplo 2: Barcelona – Ed. nuevo – Sur.....	39
6. CONCLUSIONES.....	46
ANEXO.....	47

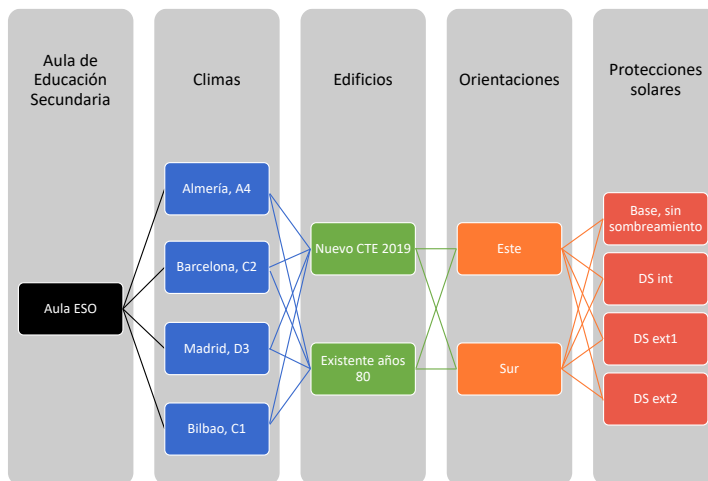
## RESUMEN EJECUTIVO

Este estudio muestra los potenciales de los Dispositivos de Sombreado (DS) en 4 climas de España para mejorar el confort interior y el ahorro energético en colegios de secundaria, mediante herramientas de simulación dinámica detallada.

La metodología consiste en la definición de un aula tipo, ajustada a unas dimensiones, ocupación, actividad y horarios habituales en los centros escolares en España. Para los cálculos energéticos se ha utilizado Design Builder, con el motor de cálculo EnergyPlus, un programa reconocido en la literatura y con un desarrollo técnico detallado. Los resultados detallados han ayudado a comprender qué aportan los sombreados.

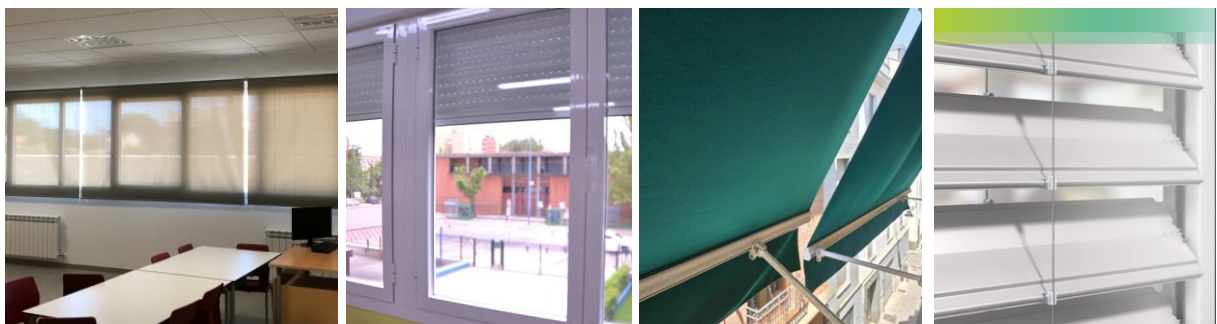


El estudio ha calculado **64 casos en cuatro climas tipo, de ciudades españolas: Almería-A4, Barcelona-C2, Madrid-D3 y Bilbao-C1**, tomando los datos climáticos estándar de esas ciudades de EPW. Se analiza cómo funcionan las protecciones solares tanto en edificios nuevos EECN del CTE DB-HE de 2019, así como en edificios existentes de los años 80 basados en la NBE CT-79. Se han evaluado los efectos en aulas con orientaciones Sur y Este, ya que el horario escolar es sobre todo de mañanas.



Se han analizado **4 niveles de protecciones solares**, partiendo de un caso base sin protecciones solares, y se añaden protecciones solares interiores o exteriores, con control automático en 120 W/m<sup>2</sup>, y con eficacia media o mayor.

Esto incluye screens, persianas enrollables, toldos y persianas graduables. Las prestaciones energéticas dependen, entre otros, del color del tejido en el caso de toldos, del porcentaje de extensión de una persiana y de la inclinación de lamas en persianas graduables.



Los modelos se han definido siguiendo el funcionamiento habitual en los institutos de secundaria. Esto incluye un horario intensivo de mañanas, las cargas internas e iluminación según normativa (CTE, RITE y ASHRAE) y ventilación. En el edificio existente se ha estimado un caudal básico de 1 ren/h, por no tener ventilación mecánica, y en el edificio nuevo se aplican los caudales del RITE. En ambos casos se añade una ventilación natural adicional por

ventanas en periodo cálido, lo que se ha estimado en 30min antes de clases, 10 min entre clases, 30 min en patio y 2 h a la salida. Las infiltraciones son de 0,3 ren/h en ambos casos.

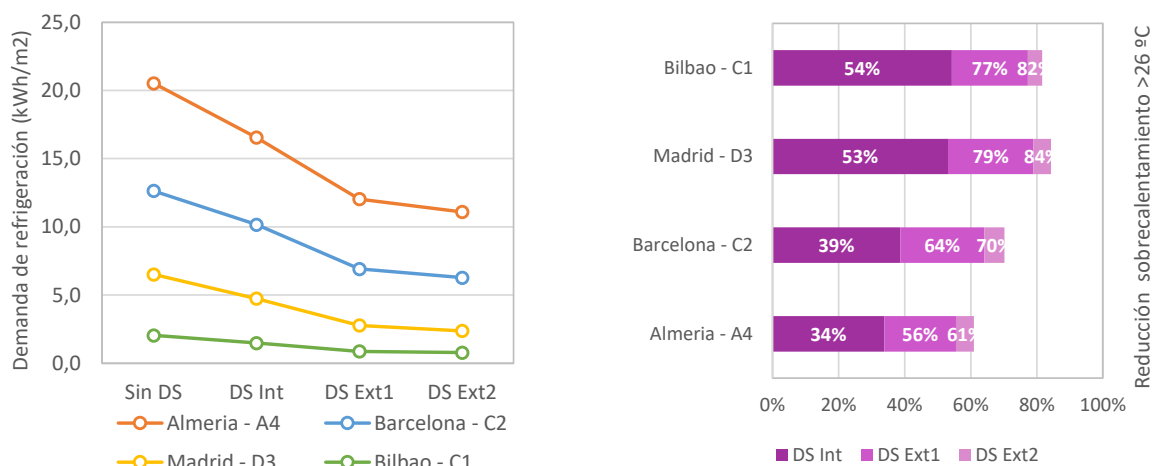
Protección solar	Modelo, ejemplos	Ubicación	Transmitancia (T)	Reflectancia (ρ)	Transmisión global ( $g_{gl;sh,wi}$ )	Activación
Base, sin protecciones	-	-	-	-	0,70	-
					0,75	
DS int	Estor Gris claro	Interior	0,20	0,50	0,47 (CTE) 0,44 (CT79)	Automática +120 W/m <sup>2</sup>
DS ext1	Persiana Blanca / Toldo lig. /Screen	Exterior	0 (0,20*)	0,70 (0,56*)	0,20*	Automática +120 W/m <sup>2</sup>
DS ext2	Veneciana Blanca /Lamas orien. /Toldo op.	Exterior	0,11	0,53	0,15 (CTE)	Automática +120 W/m <sup>2</sup>
					0,12 (CT79)	

### Resultados principales:

Se han observado que los sombreados aportan MEJORAS SIGNIFICATIVAS EN TODOS LOS CASOS ANALIZADOS, tanto con sombreados interiores como exteriores para los 4 climas, edificios nuevos y existentes, así como orientaciones Este y Sur.

- **REDUCCIÓN DEL SOBRECALENTAMIENTO**, una media del 73% en los grados·hora de refrigeración a 26 y 28 °C (GHR). En climas templados o frescos la reducción entre 70-90% y en calurosos entre 50-80%, según los casos y sombreados analizados.
- **AHORRO CERCANO A LA MITAD DE LA REFRIGERACIÓN**, con una reducción media del 43% de la demanda y 35% de la potencia de refrigeración. Los ahorros oscilan entre 14-70%, según los casos y sombreados analizados.
- **BAJADA DE LAS TEMPERATURAS**, unos 1,5 °C de media en verano sin aire acondicionado. Aportan mayor adaptabilidad a las temperaturas altas, que bajan entre 1-4 °C, según los casos y sombreados analizados.

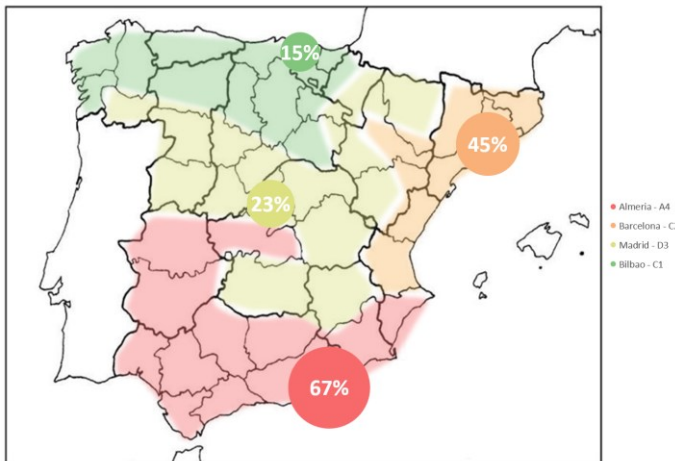
Estas prestaciones de los dispositivos de control solar dinámico, junto con un uso adecuado de los espacios y la ventilación mecánica o natural, mejoran el confort interior notablemente y reducen el riesgo de sobrecalentamiento en periodos cálidos.



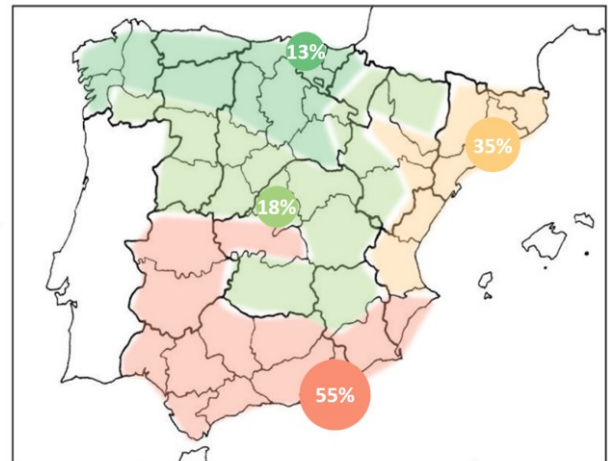
Los potenciales de mejora con DS se muestran de forma agrupada, según clima, tipo de edificio, orientación y nivel de sombreado aplicado.

	Reducción del sobrecalentamiento >26 °C (%, GHR 26, horas lectivas)	Reducción del sobrecalentamiento >28 °C (%, GHR 28, horas lectivas)	Ahorro en Refrigeración (%, Demanda Refrig.)	Reducción de la potencia de refrigeración (%, Potencia Refrig.)	Bajada de la Temperatura media (ΔTm, °C en junio y septiembre)	Bajada de la Temperatura máxima (ΔTmax, °C, junio y sep)
<b>Análisis por zona climática</b>						
Almería - A4	50%	67%	35%	20%	-1,4	-1,4
Barcelona - C2	58%	83%	38%	26%	-1,2	-1,4
Madrid - D3	72%	88%	49%	42%	-1,8	-2,0
Bilbao - C1	71%	96%	47%	51%	-1,1	-1,2
<b>Análisis por Edificio</b>						
CTE 2019	61%	81%	44%	32%	-1,4	-1,5
NBE CT-79	64%	86%	41%	38%	-1,3	-1,5
<b>Análisis por Orientación</b>						
Sur	62%	82%	40%	34%	-1,2	-1,3
Este	64%	84%	45%	36%	-1,6	-1,7
<b>Análisis por Dispositivo de Sombreado</b>						
DS Int	45%	69%	23%	18%	-0,8	-1,0
DS Ext1	69%	89%	50%	41%	-1,5	-1,7
DS Ext2	74%	92%	55%	46%	-1,7	-1,9

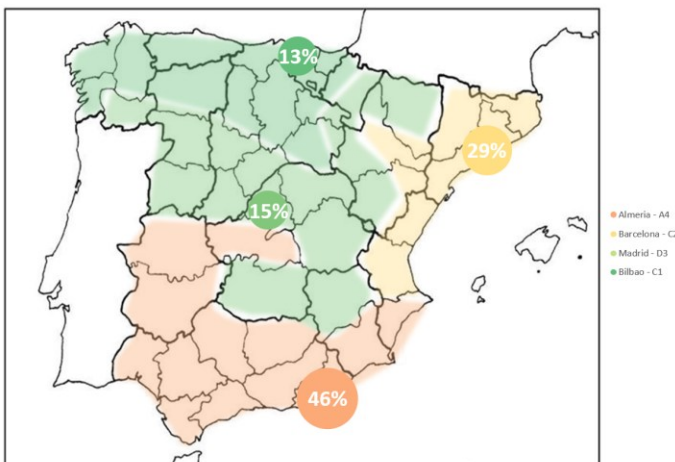
Porcentaje de horas lectivas >26 °C, Sin DS



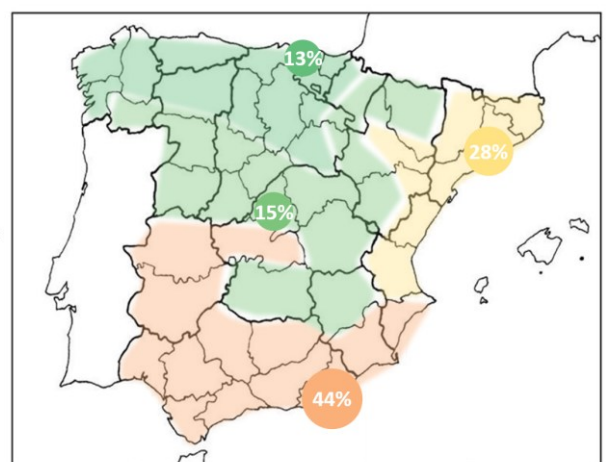
Porcentaje de horas lectivas >26 °C, DS Int



Porcentaje de horas lectivas >26 °C, DS Ext1



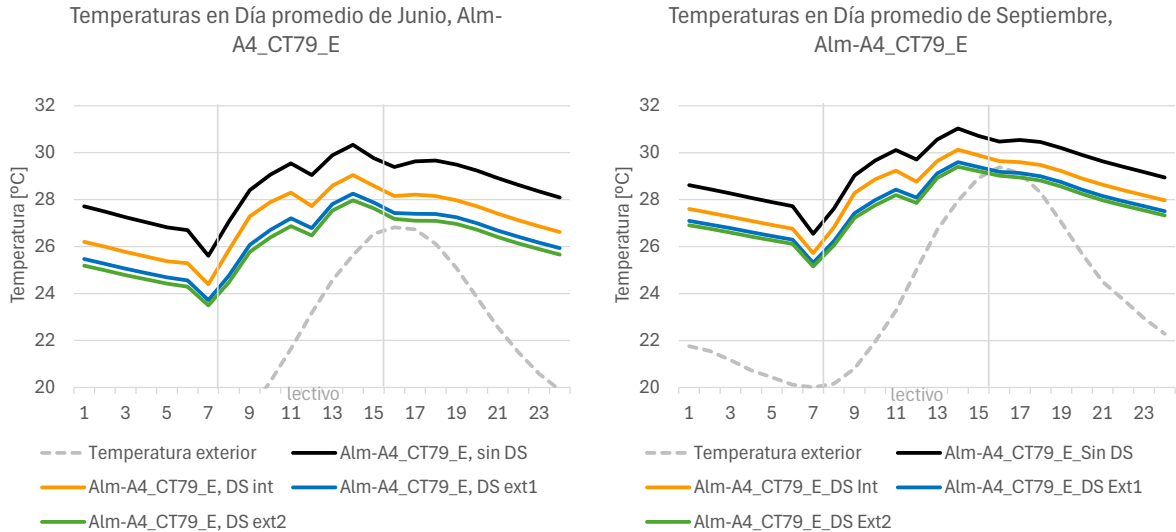
Porcentaje de horas lectivas >26 °C, DS Ext2



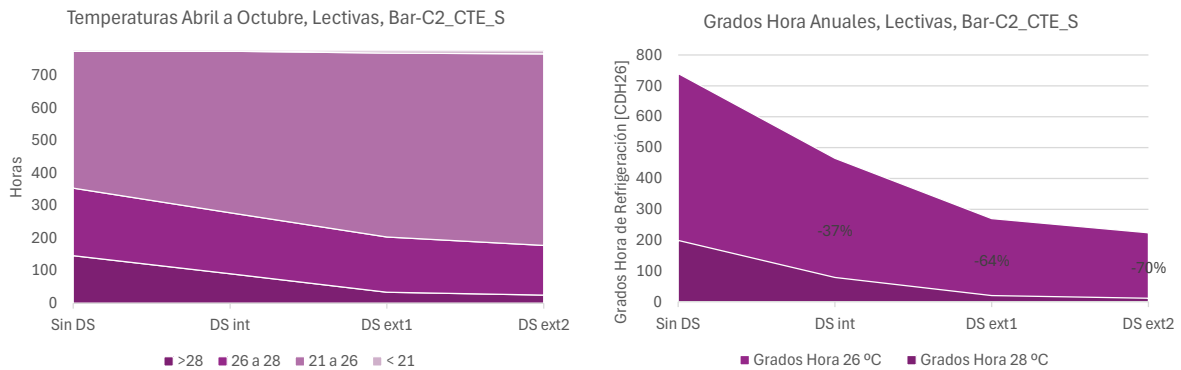
Mapeado del porcentaje de horas lectivas sobre 26 °C, entre abril y octubre, según DS y clima, marcando las ciudades analizadas y extendiendo a climas similares

### Detalles adicionales y ejemplos:

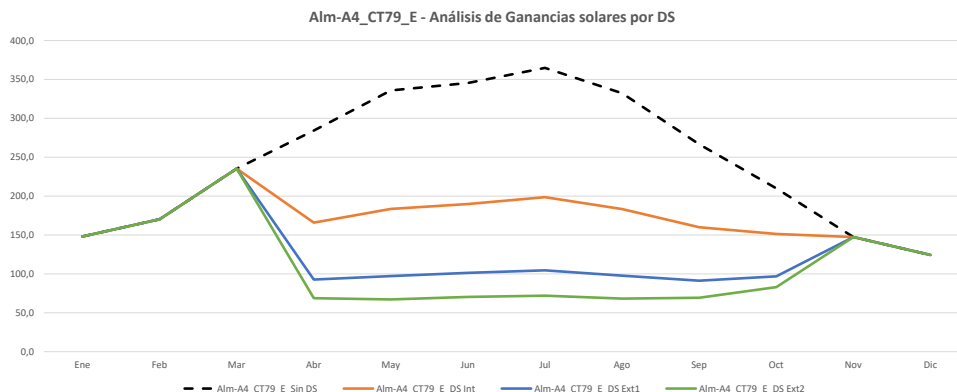
Sin protecciones solares, los modelos presentan un elevado número de horas por encima de 26 °C, en torno a un tercio entre abril y octubre (sin contar las vacaciones de verano) con variaciones según el clima, la antigüedad del edificio y su orientación. Al introducir sistemas de sombreado dinámico, se consigue una mejora promedio del 42% en la necesidad de refrigeración, con valores de hasta el 55% en algunos casos.



Para medir la severidad de las temperaturas elevadas, se utiliza el parámetro Grados·Hora de Refrigeración, que contabiliza las horas por encima de 26 °C y el exceso en grados (sumatorio de horas por grados sobre 26 °C). Esto muestra el riesgo de sobrecalentamiento y el uso de DS lo reduce en una media del 63% en todos los casos analizados.



Como conclusión, los DS controlan las ganancias solares y aportan beneficios generales.



*Evolución de la ganancia térmica por ventanas según DS, Almería-A4, edif. Existente, Este*

## 1. OBJETO

Analizar los potenciales de los Dispositivos de Sombreado (DS) dinámicos para la mejora del confort interior en institutos de educación secundaria, con herramientas de simulación detalladas y clima actual. Se han analizado 4 niveles de sombreado en 4 climas de España, 2 edificios tipo y 2 orientaciones, que producen un total de 64 casos analizados.

## 2. NORMAS DE REFERENCIA

Código Técnico de la Edificación. Documento Básico Ahorro de Energía (DB-HE). Real Decreto 732/2019, de 20 de diciembre, por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación, aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo.

Real Decreto 2429/1979, de 6 de julio, por el que se aprueba la norma básica de edificación NBE-CT-79, sobre condiciones térmicas en los edificios.

Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), modificado por modificaciones posteriores.

Real Decreto 390/2021, de 1 de junio, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios.

UNE-EN ISO 52022-1:2017. Eficiencia energética de los edificios. Propiedades térmicas, solares y de luz diurna de los componentes de los edificios y sus elementos. Parte 1: Método simplificado de cálculo de las características solares y de luz diurna de los dispositivos de protección solar combinados con acristalamiento (ISO 52022-1:2017).

Real Decreto 132/2010, de 12 de febrero, por el que se establecen los requisitos mínimos de los centros que impartan las enseñanzas del segundo ciclo de la educación infantil, la educación primaria y la educación secundaria.

## 3. METODOLOGÍA

Se ha empleado un motor de cálculo Energy Plus (E+), por ser una herramienta de cálculo de simulaciones dinámicas ampliamente respaldada por la comunidad técnico-científica. El programa informático seleccionado es Design Builder, como interfaz de uso de E+. La versión empleada es Design Builder 7.3.1, que utiliza EnergyPlus 9.4.

Este programa ofrece alto nivel de personalización de los modelos, incluyendo programaciones y operación de sombreados dinámicos detallados, con activación horaria personalizable. Los resultados que produce la aplicación son diversos, incluyendo demandas de energía, temperaturas interiores de aire, radiante y operativas, etc. Todo ello, se presentan en intervalos horarios, mensuales y anuales.

Se han añadido cálculos de sobrecalentamiento posteriores a la simulación. Han sido realizados en base horaria a través de hojas de cálculo.

Los resultados se presentan en su totalidad en tablas y gráficos diversos para facilitar su comprensión.



Versión 7.3.1.003  
Copyright © 2000-2024



Los modelos de simulación están basados en el empleado en otro estudio anterior, recogido en el informe 2418Y075S. Los resultados del presente estudio en el clima de Madrid han sido contrastados con los resultados anteriores del informe 2418Y075S, que utilizó otra herramienta, que se permite obtener los CEE reconocidas por el Ministerio para la Transición

Ecología y el Reto Demográfico y por el Ministerio de Fomento. Se han detectado algunas diferencias, propias de los ajustes de cada programa, pero las conclusiones y tendencias de ambos estudios son coherentes.

Se han simulado los 64 casos y analizado las condiciones interiores conseguidas con cada dispositivo de sombreado. Se han comparado principalmente las siguientes variables:

- Necesidades de refrigeración:
  - o Demanda energética de refrigeración (kWh/m<sup>2</sup>·año). Energía aportada por la refrigeración en horas ocupadas y 26 °C de consigna
- Temperaturas interiores:
  - o Temperatura operativa promedio en el aula (°C)
  - o Temperatura operativa máxima en el aula (°C)
- Sobrecalentamiento:
  - o Número de horas por encima de 26 °C (h)
  - o Grados·hora con base a 26 °C (GHR26, °C·h, ó CDH26 en inglés)
  - o Grados·hora con base a 28 °C (GHR28, °C·h, ó CDH28 en inglés)
- Necesidades de calefacción:
  - o Demanda energética de calefacción (kWh/m<sup>2</sup>·año). Energía aportada por calefacción en horas ocupadas y 21 °C de consigna

Para evaluar el sobrecalentamiento se ha empleado la metodología de los Grados·Hora de Refrigeración (GHR), con bases de 26 °C y 28 °C. Se calcula según la metodología habitual, como el sumatorio de los grados por encima de una temperatura base, ver fórmula inferior. Visualmente, esto representa el área por encima de esa temperatura, como puede verse en la Figura 1. En este ejemplo, la mejora gracias al DS ext2 es del 52%, es decir, se reduce la exposición a temperaturas altas en algo más de la mitad.

$$GHR = \sum (T_{int} - T_{base}) ; \text{cuando } T_{int} > T_{base}$$

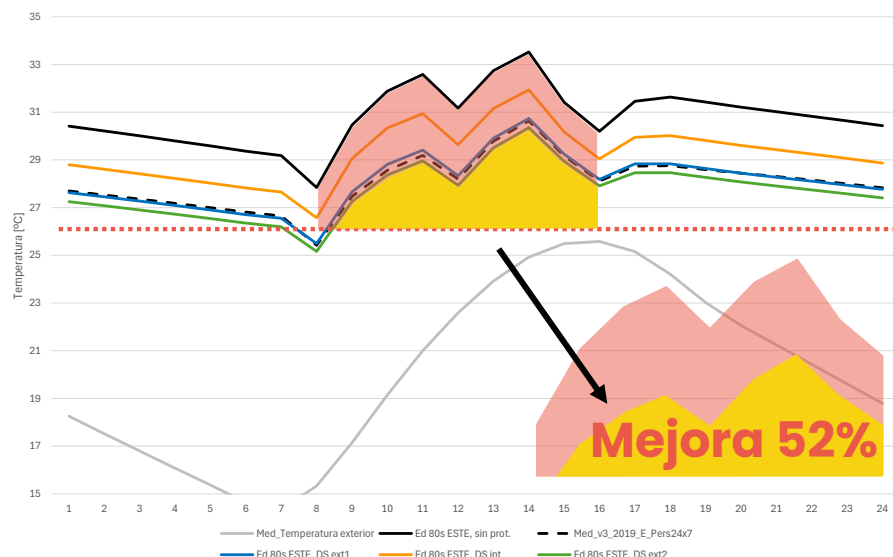


Figura 1. Interpretación gráfica del sobrecalentamiento en base a GHR.

En el apartado de resultados, en primer lugar, se presentan todos los resultados generales de los 64 casos analizados y más adelante se profundiza en los casos con mayores y menores mejoras observadas. El resto de los casos, tendrán por lo tanto comportamientos y rendimientos intermedios.

## 4. DEFINICIÓN DE LOS CASOS DE SIMULACIÓN

A partir de un aula tipo, se definen 16 casos (4 climas, 2 edificios y 2 orientaciones) y se analizan 4 niveles de sombreado. Por ello la definición del estudio es la siguiente:

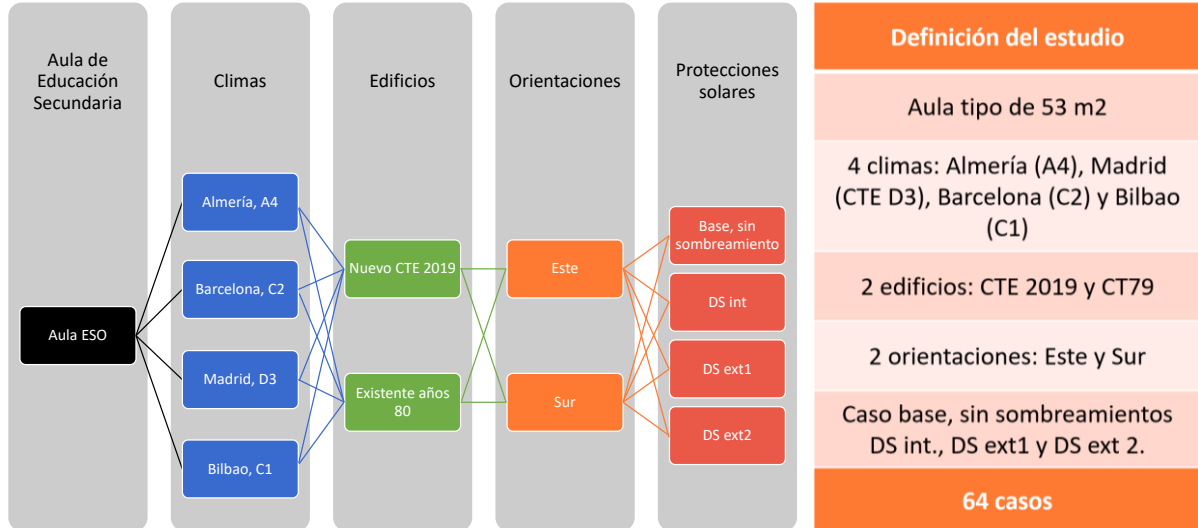


Figura 2. Diagrama de los casos analizados y tabla resumen.

### 4.1. Climatologías y orientaciones

El presente estudio incluye cuatro climas. Por un lado, Madrid (zona D3 del CTE), por tener periodos de cálido en verano y frío en invierno. Por otro lado, se amplía el análisis con tres climatologías adicionales, el clima atlántico (Bilbao C1), el mediterráneo templado (Barcelona C2) y el mediterráneo más cálido (Almería A4). Esto permite representar las condiciones de la península y mostrar los potenciales de los sombreados solares dinámicos en toda España. Se utilizan las orientaciones Sur y Este, debido a que son las que más riesgo de sobrecalentamiento pueden provocar durante el horario escolar.

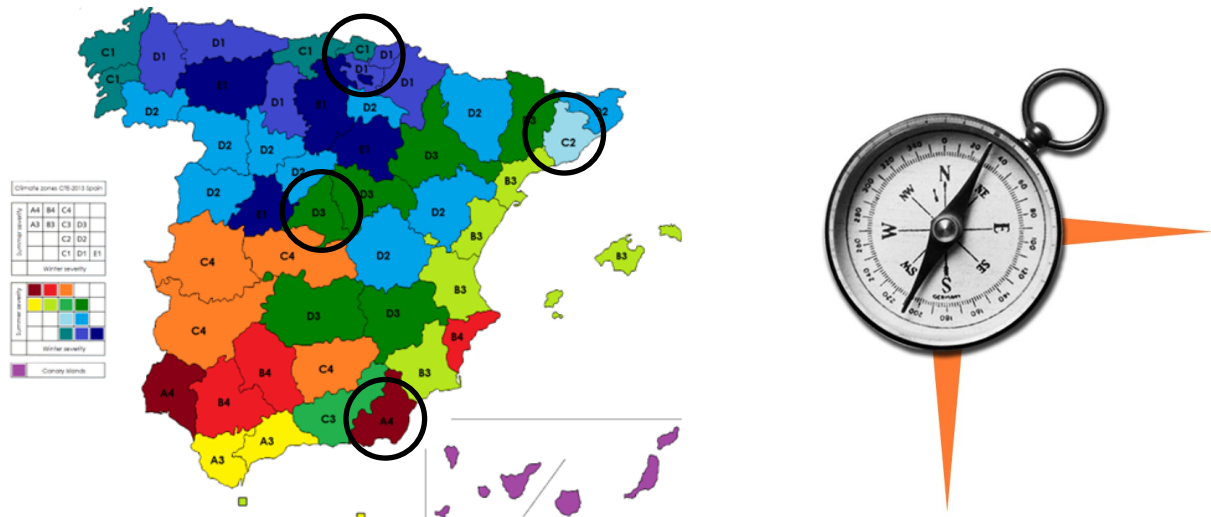


Figura 3. Mapa de zonas climáticas del CTE DB-HE 2019 y orientaciones analizadas.

### 4.2. Sistemas de sombreado analizados

Se mantienen los dispositivos de sombreado del estudio anterior. Los dispositivos de sombra analizados se corresponden con modelos representativos y sus valores de  $g_{gl;sh,wi}$  fueron obtenidos a partir de la norma UNE-EN ISO 52022-1:2017, recogidos en la Tabla 1. Para este

estudio, al utilizar el motor de cálculo E+, los datos de entrada son algo diferentes, pero representan un comportamiento equivalente. Se han definido todas como difusoras para tener comportamientos más homogéneos. Las variables detalladas están recogidas en la Figura 4. Se han analizado 4 niveles de protecciones solares, partiendo de un caso base sin sombreados, al que se añaden protecciones solares interiores automáticas (estores claros), protecciones exteriores automáticas con eficacia media (persianas, toldos ligeros, screens) o mayor (venecianas, orientables, toldos opacos). La eficacia depende del color del tejido, la inclinación de las lamas, o el porcentaje de extensión del sombreado.

Tabla 1. Prestaciones de los dispositivos de sombreado analizados.

Protección solar	Modelo, ejemplos	Ubicación	Transmitancia (T)	Reflectancia ( $\rho$ )	Transmisión global ( $g_{gl;sh,wl}$ )	Activación
Base, sin protecciones	-	-	-	-	0,70	-
					0,75	
DS int	Estor Gris claro	Interior	0,20	0,50	0,47 (CTE) 0,44 (CT79)	Automática +120 W/m <sup>2</sup>
DS ext1	Persiana Blanca / Toldo lig. /Screen	Exterior	0 (0,20*)	0,70 (0,56*)	0,20	Automática +120 W/m <sup>2</sup>
DS ext2	Veneciana Blanca /Lamas orientables /Toldo op.	Exterior	0,11	0,53	0,15 (CTE)	Automática +120 W/m <sup>2</sup>
					0,12 (CT79)	

La activación de los sombreados es automática, como si fuese mediante un automatismo con sensores, que se activa cuando la incidencia solar directa supera los 120 W/m<sup>2</sup>. Esto incluye la activación de las protecciones solares fuera del uso escolar, en fines de semana y festivos (\*) En las protecciones DS ext1 (persianas, toldos ligeros, screens, etc.) se ha considerado que no ocupan toda la superficie, y permiten pasar parte de la luz. Por ello, se ha considerado un valor estimado el 80% de transmisión global con las protecciones activadas.

Edit window shade - DS_INT1	
Window shading	
General   Shade data   Cost and Carbon	
Shade Properties	
Thickness (m)	0.0001
Conductivity (W/m-K)	0.10000
Solar transmittance	0.200
Solar reflectance	0.500
Visible transmittance	0.200
Visible reflectance	0.500
Long-wave emissivity	0.900
Long-wave transmittance	0.000
Openings	
Shade-to-glass distance (m)	0.050
Shade top opening multiplier	0.500
Shade bottom opening multiplier	1.000
Shade left-side opening multiplier	1.000
Shade right-side opening multiplier	1.000
Shade airflow permeability	0.250

Edit window shade - DS_Ext1	
Window shading	
General   Shade data   Cost and Carbon	
Shade Properties	
Thickness (m)	0.0050
Conductivity (W/m-K)	0.90000
Solar transmittance	0.200
Solar reflectance	0.560
Visible transmittance	0.200
Visible reflectance	0.560
Long-wave emissivity	0.700
Long-wave transmittance	0.000
Openings	
Shade-to-glass distance (m)	0.050
Shade top opening multiplier	0.000
Shade bottom opening multiplier	1.000
Shade left-side opening multiplier	0.000
Shade right-side opening multiplier	0.000
Shade airflow permeability	0.200

Edit window shade - DS_Ext2	
Window shading	
General   Shade data   Cost and Carbon	
Shade Properties	
Thickness (m)	0.0001
Conductivity (W/m-K)	160.00000
Solar transmittance	0.110
Solar reflectance	0.530
Visible transmittance	0.110
Visible reflectance	0.530
Long-wave emissivity	0.900
Long-wave transmittance	0.000
Openings	
Shade-to-glass distance (m)	0.050
Shade top opening multiplier	0.500
Shade bottom opening multiplier	0.500
Shade left-side opening multiplier	0.500
Shade right-side opening multiplier	0.500
Shade airflow permeability	0.800

Figura 4. Definiciones detalladas de los DS en E+, de izquierda a derecha, DS int, DS ext1 y DS ext2

### 4.3. Definición de las tipologías de aula

Se mantienen las dos tipologías del estudio anterior. Se han seleccionado dos periodos de edificación, para representar al parque de colegios de secundaria actuales. Por un lado, los edificios nuevos CTE DB-HE 2019 y por otro, los existentes de los años 80 en adelante.

La variabilidad entre colegios es importante, así que se ha analizado la normativa para conocer las dimensiones mínimas, así como comprobado con un par de colegios existentes de los 80. Se ha elegido un modelo de aula de secundaria con unas mismas dimensiones, para facilitar la comparación en base a su nivel de eficiencia energética. Los resultados de este estudio podrán variar en otros edificios según sus condiciones particulares y dimensiones.

El espacio analizado es un aula para 25-30 alumnos, de tamaño estándar de nivel ESO, con ventanas en un lateral. Según la normativa base estatal (RD 132/2010), la superficie mínima sería de 37,5 - 45 m<sup>2</sup>. Para no partir de un espacio mínimo, se ha establecido un espacio algo mayor, que mantiene una ratio más realista de 1,8 m<sup>2</sup>/alumno, siendo de 6 x 9 m con 53 m<sup>2</sup> y 3,15 m de altura libre.

En el lateral habría ventanas agrupadas, probablemente habría grupos de una ventana con 3 hojas (practicable, fija, practicable), con machones o pilares en medio. Las ventanas tendrían entre 1,10 y 2,10 de alto.

En el estudio anterior se realizó un modelo geométrico del edificio en BIM mediante otro software de CYPE, IFC builder de v.2025.b.

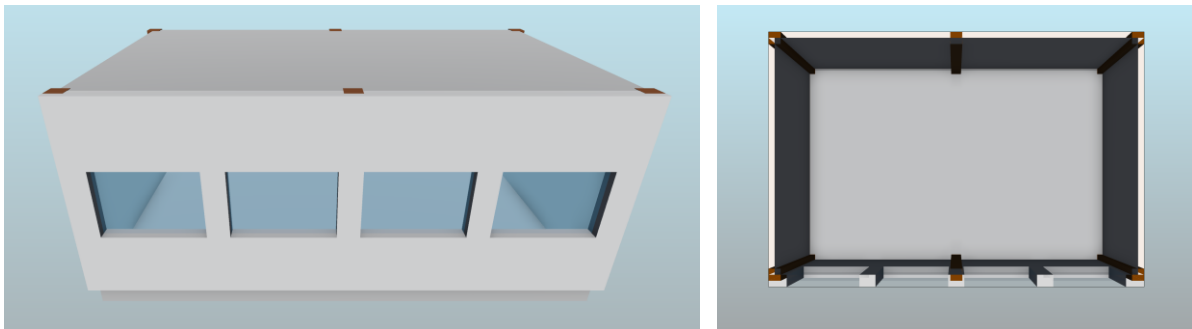


Figura 5. Vistas 3D del modelo en BIMserver.center

En el estudio actual se ha modelado la misma geometría en la interfaz Design Builder, manteniendo las dimensiones de la zona térmica a analizar. Además, este programa permite clonar la estancia tipo para visualizar los cuatro niveles de sombreado en paralelo en una misma simulación.

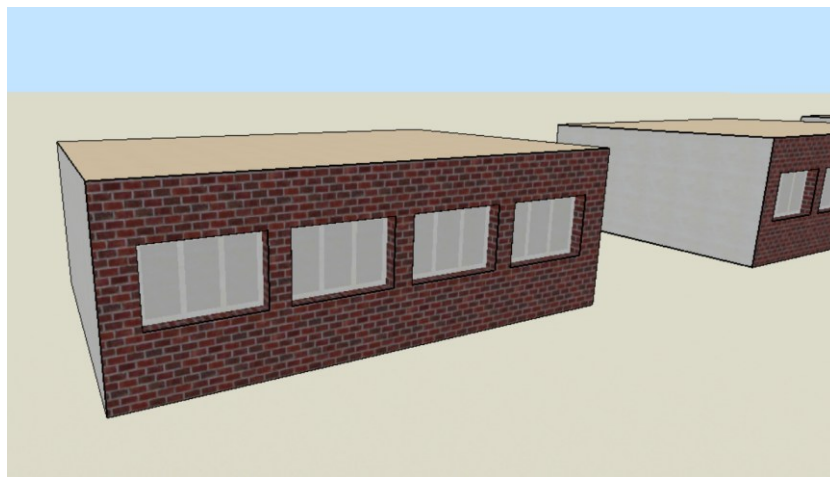
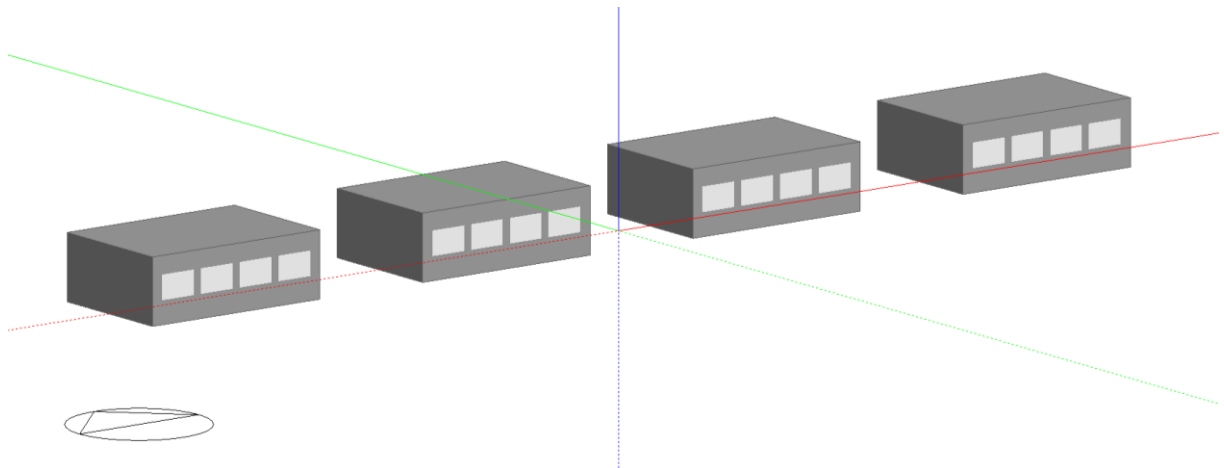


Figura 6. Vistas 3D del modelo en Design Builder

#### 4.4. Construcción del aula

Este estudio incluye cuatro zonas climáticas diferentes, por ello se han definido cerramientos adecuados a cada clima y normativa. Las características constructivas están recogidas en las siguientes tablas. Los cerramientos diferentes a la fachada se consideran adiabáticos y no participan del intercambio energético.

Tabla 2. Definición de la envolvente térmica para los dos edificios analizados.

ENVOLVENTE TÉRMICA	Edificio nuevo CTE DB-HE 2019 (Anejo E)			Edificio existente NBE CT-79	
Clima	Almería – A4	Madrid - D3	Barcel. – C2 Bilbao – C1	Almería – A4	Madrid - D3 Barcel. – C2 Bilbao – C1
Fachada					
Transmitancia muro ( $U_m$ )	0,50	0,27	0,29	1,20	0,90
Ventana					
Transmitancia hueco ( $U_h$ )	2,6	1,61	1,96	3,16	3,16

Vidrio	Doble BE1 4-12-6	Doble BE3 4-20-6	Doble BE3 4-12-6	Doble 4-12-6	Doble 4-12-6
$U_v$	2,0	1,4	1,6	2,80	2,80
$g_v$	0,70	0,70	0,7	0,75	0,75
Marco	Metálico RPT	Metálico RPT Alta eficiencia	Metálico RPT Alta eficiencia	Metálico RPT 4-12mm	Metálico RPT 4-12mm
$U_m$	3,2	1,6	2,2	4,00	4,00
% marco	30 %	30 %	30%	30 %	30 %
Perm. aire a 100 Pa	9,0	9,0	9,0	50,0	50,0

Se han calculado los puentes térmicos de cada fachada, considerando las prestaciones de ventana y la geometría habitual en cada época constructiva. En la tabla se recogen los valores de puente térmico lineal introducidos.

Tabla 3. Definición de los puentes térmicos para los dos edificios analizados.

PUENTES TERMICOS	Edificio nuevo CTE DB-HE 2019 (Anejo E)			Edificio existente NBE CT-79		Longitud (m)
	Almería – A4	Madrid - D3	Barcelona – C2 Bilbao – C1	Alm A4	Mad D3, Bcn C2, Bil C1	
Clima						
Psi Frente Forjado	<b>0,19</b>	<b>0,11</b>	<b>0,11</b>	<b>1,07</b>	<b>1,01</b>	9,0
$U_m$ espesor	0,50 30cm	0,27 30cm	<b>0,29</b> 30cm	1,20 30 cm	0,90 30 cm	
Psi Pilar	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>1,14</b>	<b>1,18</b>	3,15
	0,50 30cm	0,27 30cm	<b>0,29</b> 30cm	1,20 30 cm	0,90 30cm	
Psi Alfeizar	<b>0,10</b>	<b>0,08</b>	<b>0,08</b>	<b>0,38</b>	<b>0,42</b>	7,20 (4 x 1,80)
	0,50 3,20	0,27 1,80	0,29 2,20	1,20 4,00	0,90 4,00	
Psi Jamba	<b>0,10</b>	<b>0,03</b>	<b>0,04</b>	<b>0,45</b>	<b>0,50</b>	9,60 (8 x 1,20)
	0,50 3,20	0,27 1,80	0,29 2,20	1,20 4,00	0,90 4,00	
Psi Dintel	<b>0,10</b> (aislado)	<b>0,04</b> (aislado)	<b>0,08</b> (aislado)	<b>0,84</b> (sin aislar)	<b>0,89</b> (sin aislar)	7,20 (4 x 1,80)
	0,50 3,20	0,27 1,80	0,29 2,20	1,20 4,00	0,90 4,00	

## 4.5. Actividad interna

Se ha considerado un horario escolar habitual para institutos de secundaria, al igual que en el estudio anterior con 7 h desde la entrada a la salida (8:30 - 15:30) con media hora de patio en medio. La definición de la ocupación es igual para los dos edificios, e incluye a 28 alumnos/as y su profesor o profesora. La carga correspondiente se ha calculado en base al CTE y RITE:

Tabla 4. Definición de las cargas internas

Carga total (W/p)	130	
Q sensible (W/p)	75	57,7%
Q latente (W/p)	55	42,3%

Se ha comprobado que la Carga interna media (CFI) es alta: se ha analizado la carga media horaria de una semana tipo, repercutida por unidad de superficie del edificio o zona del edificio, teniendo en cuenta la carga sensible debida a la ocupación, la carga debida a iluminación y la carga debida a los equipos. Se incluyen los cálculos y dos tablas referencia, una del DB-HE 2019 y otra de una guía del IDAE para edificios terciarios.

$$CFI = \Sigma C_{oc} / (7 \cdot 24) + \Sigma C_{il} / (7 \cdot 24) + \Sigma C_{eq} / (7 \cdot 24) \cdot 53$$

$$CFI = ( (27.5 \cdot 75) \cdot (5 \cdot 8) + (3.5 \cdot 53) \cdot (5 \cdot 8) + (150) \cdot (5 \cdot 8) ) / (7 \cdot 24 \cdot 53) = (82.500 + 7.420 + 6.000) / 8904 = 10.8 \text{ W/m}^2$$

Corresponde con un **Nivel de Carga Interna Media (CFI) Alta**

Nivel de carga interna	Carga interna media, $C_{FI}$ [W/m <sup>2</sup> ]
Baja	$C_{FI} < 6$
Media	$6 \leq C_{FI} < 9$
Alta	$9 \leq C_{FI} < 12$
Muy alta	$12 \leq C_{FI}$

Grado de Actividad	Aplicación típica	OCUP-Q-SEN (W/persona)	OCUP-Q-LAT (W/persona)
Sentado en teatro	Teatro (Matinal)	65	30
Sentado en teatro	Teatro (Tarde)	70	30
Sentado, trabajo ligero	Oficinas, hoteles, apartamentos	70	45
Trabajo de oficina moderado	Oficinas, hoteles, apartamentos	75	55
De pie, trabajo ligero, andando	Grandes almacenes, venta al por menor	75	55
Caminando, de pie	Farmacia, banco	75	70
Trabajo sedentario	Restaurante	80	80
Baile moderado	Pistas de baile	90	160
Andando, trabajo ligero	Fábrica	110	185
Jugar a los bolos	Boleras	170	255
Trabajo duro	Fábrica	170	255
Trabajo, maquinaria pesada	Fábrica	185	285
Atletismo	Gimnasio	210	315

Tabla 2 Valores típicos de calor sensible y latente por ocupante, en función de la actividad (Fuente: ASHRAE 1989 Handbook of Fundamentals, Tabla 3, p. 26.7.)

<https://www.idae.es/publicaciones/calener-gt-grandes-edificios-terciarios-manual-de-referencia>

El programa Design Builder permite una programación detallada, por ello a partir del horario del estudio anterior, se han detallado la actividad.

## 4.6. Iluminación

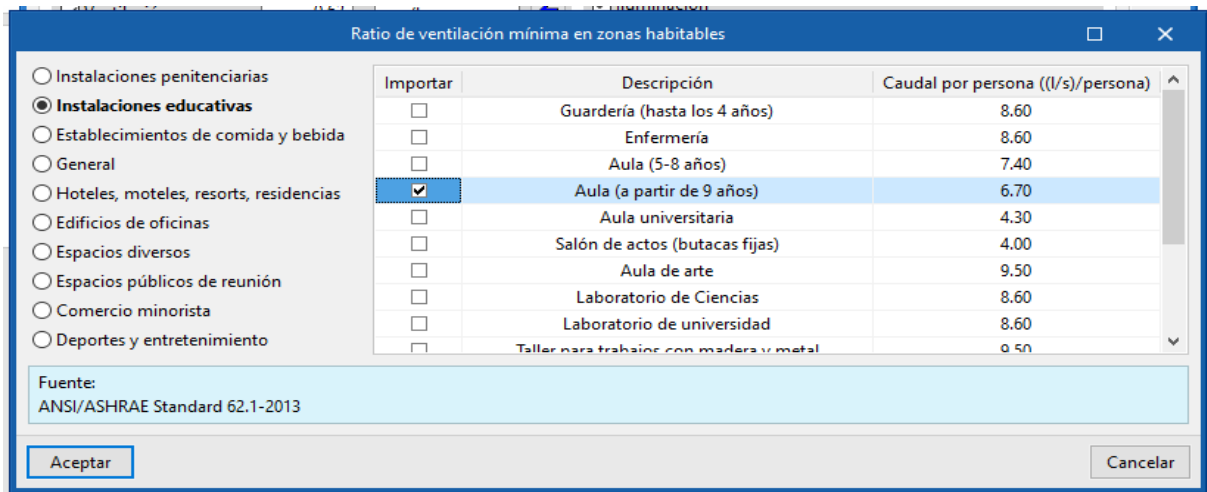
Se ha utilizado el mismo nivel de iluminación en ambos casos: VEEI límite CTE 3,5 W/m<sup>2</sup>, el valor del CTE DB-HE 2019 para Aulas y laboratorios de la Tabla 3.1 – HE3.

## 4.7. Ventilación

Para el edificio nuevo se han utilizado los caudales según el RITE (6,7 l/s-persona) y ventilación natural adicional por ventanas. En ambos casos, la ventilación natural por ventanas se ha considerado de: 30min antes de clases, 10 min entre clases, 30 min en patio y 2 h a la salida. En este caso, como ya hay una ventilación base mecánica notable por la alta ocupación, se ha limitado el caudal natural adicional, del lado de la seguridad, suponiendo un 30% de incremento sobre la ventilación mecánica nominal.

Para el edificio existente, de los años 80, se aplican caudales básicos de 1 ren/h y ventilación natural adicional por ventanas. Se aplican los mismos horarios de apertura de ventanas, pero en este caso, los caudales de esta ventilación natural son de 4 ACH globales, por ser el valor de referencia para la ventilación natural nocturna en uso residencial (activación manual).

Como caudal de infiltraciones se ha utilizado un valor medio de 0,3 ren/h en los dos casos.



Importar	Descripción	Caudal por persona ((l/s)/persona)
<input type="checkbox"/>	Guardería (hasta los 4 años)	8.60
<input type="checkbox"/>	Enfermería	8.60
<input type="checkbox"/>	Aula (5-8 años)	7.40
<input checked="" type="checkbox"/>	Aula (a partir de 9 años)	6.70
<input type="checkbox"/>	Aula universitaria	4.30
<input type="checkbox"/>	Salón de actos (butacas fijas)	4.00
<input type="checkbox"/>	Aula de arte	9.50
<input type="checkbox"/>	Laboratorio de Ciencias	8.60
<input type="checkbox"/>	Laboratorio de universidad	8.60
<input type="checkbox"/>	Taller para trabajos con madera y metal	9.50

Fuente:  
ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2013

Aceptar Cancelar

Figura 7. Caudal de ventilación mecánica por persona para espacios de aula tipo.

Tabla 5. Cálculos de la ventilación, caudales base y extra considerados.

<b>Aula modelo</b>	<b>52,64</b>	<b>m2</b>
<b>Num personas</b>	29,00	
<b>Ratio m2/pers</b>	1,82	(m2/pers)
<b>Ventilación base:</b>	6,70	(l/s)/pers
<b>Vent base modelos</b>	194,3	l/s (sin RC)
<b>Ventilación 4 ren/h</b>	184,24	(l/s)
<b>Vent aumentada 30%</b>	<b>9,57</b>	<b>(l/s)/pers</b>

En base a estos caudales se han definido programaciones de ventilación considerando un uso real para los periodos de invierno y cálido, que incluyen la apertura de ventanas en las siguientes situaciones y se definen en el modelo en base a un % sobre el caudal máximo.

Para el cálculo de la demanda de refrigeración se ha aplicado una ventilación diferente, que consiste en aplicar las condiciones de invierno con una recuperación de calor del 80% (en lugar del 50% general para el funcionamiento habitual) y una ventilación extra de 30min antes del inicio de las clases antes de activar el aire acondicionado (refrescamiento matinal).

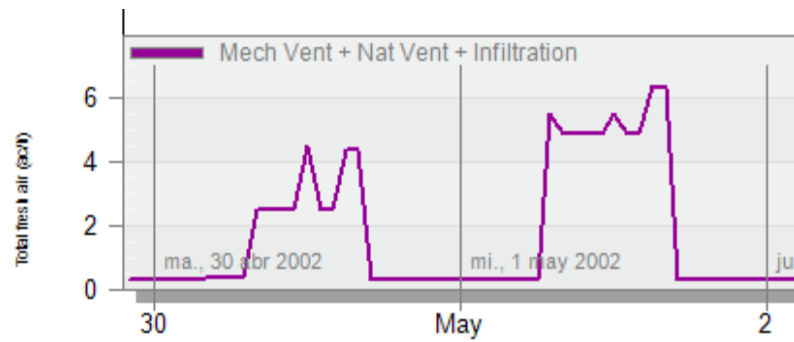


Figura 8. Perfil de ventilación horaria en Edificio Nuevo, días escolares con ventilaciones de invierno hasta abril y verano entre mayo y octubre

Tabla 6. Escenarios de ventilación considerados en el edificio nuevo

CONDICIONES VENTILACIÓN EDIFICIO NUEVO	Q <sub>BASE</sub> (l/s-pers)	Q <sub>EXTRA</sub> (l/s-pers)	Tiempo (min)	Q <sub>TOTAL</sub> (l/s-pers)	Renov./h (ACH)
<b>Invierno</b>					
RC (50% general, 80% edif. con refrigeración activa)	3,35	0	0	3,35	2,41
30 minutos patio Invierno	3,35	9,57	30	6,46	4,37
<b>Verano</b>					
30 minutos antes de la primera clase	6,70	9,57	30	8,14	5,42
10 minutos entre clases	6,70	9,57	10	7,18	4,82
30 minutos en el patio	6,70	9,57	30	8,14	5,42
2 horas tras las clases	6,70	9,57	120	9,57	6,33

Tabla 7. Escenarios de ventilación considerados en el edificio existente años 80

CONDICIONES VENTILACIÓN EDIFICIO EXISTENTE AÑOS 80	Q <sub>BASE</sub> (l/s-pers)	Q <sub>EXTRA</sub> (l/s-pers)	Tiempo (min)	Q <sub>TOTAL</sub> (l/s-pers)	Renov./h (ACH)
<b>Invierno</b>					
Uso general	1,00	-	-	1,00	0,63
30 minutos patio Invierno	1,00	6,35	30	3,68	2,32
<b>Verano</b>					
30 minutos antes de la primera clase	1,00	6,35	30	3,68	2,32
10 minutos entre clases	1,00	6,35	10	1,89	1,19
30 minutos en el patio	1,00	6,35	30	3,68	2,32
2 horas tras las clases	1,00	6,35	120	6,35	4,00

Tabla 8. Programaciones de la ventilación aplicadas.

VENTILATION CTE	VENTILATION CTE+cool	VENTILATION ct-79	VENTILATION CT79+cool
Through: 30 Apr, For: Weekdays SummerDesignDay, Until: 08:00, 0, Until: 12:00, 0.35, Until: 13:00, 0.68, Until: 15:00, 0.35,	Through: 30 Apr, For: Weekdays SummerDesignDay, Until: 08:00, 0, Until: 12:00, 0.35, Until: 13:00, 0.68, Until: 15:00, 0.35,	Through: 30 Apr, For: Weekdays SummerDesignDay, Until: 08:00, 0, Until: 12:00, 0.1, Until: 13:00, 0.38, Until: 15:00, 0.1,	Through: 30 Apr, For: Weekdays SummerDesignDay, Until: 08:00, 0, Until: 12:00, 0.1, Until: 13:00, 0.38, Until: 15:00, 0.1,

<p>Until: 17:00, 0.68, Until: 24:00, 0, For: Weekends, Until: 24:00, 0, For: Holidays, Until: 24:00, 0, For: WinterDesignDay AllOtherDays, Until: 24:00, 0,</p> <p>Through: 30 Jun, For: Weekdays SummerDesignDay, Until: 07:00, 0, Until: 08:00, 0.85, Until: 12:00, 0.75, Until: 13:00, 0.85, Until: 15:00, 0.75, Until: 17:00, 1, Until: 24:00, 0, For: Weekends, Until: 24:00, 0, For: Holidays, Until: 24:00, 0, For: WinterDesignDay AllOtherDays, Until: 24:00, 0,</p> <p>Through: 31 Aug, For: AllDays, Until: 24:00, 0,</p> <p>Through: 31 Oct, For: Weekdays SummerDesignDay, Until: 07:00, 0, Until: 08:00, 0.85, Until: 12:00, 0.75, Until: 13:00, 0.85, Until: 15:00, 0.75, Until: 17:00, 1, Until: 24:00, 0, For: Weekends, Until: 24:00, 0, For: Holidays, Until: 24:00, 0, For: WinterDesignDay AllOtherDays, Until: 24:00, 0,</p> <p>Through: 31 Dec, For: Weekdays SummerDesignDay, Until: 08:00, 0, Until: 12:00, 0.35, Until: 13:00, 0.68, Until: 15:00, 0.35, Until: 17:00, 0.68, Until: 24:00, 0, For: Weekends, Until: 24:00, 0, For: Holidays, Until: 24:00, 0, For: WinterDesignDay AllOtherDays, Until: 24:00, 0;</p>	<p>Until: 17:00, 0.68, Until: 24:00, 0, For: Weekends, Until: 24:00, 0, For: Holidays, Until: 24:00, 0, For: WinterDesignDay AllOtherDays, Until: 24:00, 0,</p> <p>Through: 30 Jun, For: Weekdays SummerDesignDay, Until: 07:00, 0, Until: 08:00, 0.68, Until: 12:00, 0.35, Until: 13:00, 0.68, Until: 15:00, 0.35, Until: 17:00, 0.68, Until: 24:00, 0, For: Weekends, Until: 24:00, 0, For: Holidays, Until: 24:00, 0, For: WinterDesignDay AllOtherDays, Until: 24:00, 0,</p> <p>Through: 31 Aug, For: AllDays, Until: 24:00, 0,</p> <p>Through: 31 Oct, For: Weekdays SummerDesignDay, Until: 07:00, 0, Until: 08:00, 0.68, Until: 12:00, 0.35, Until: 13:00, 0.68, Until: 15:00, 0.35, Until: 17:00, 0.68, Until: 24:00, 0, For: Weekends, Until: 24:00, 0, For: Holidays, Until: 24:00, 0, For: WinterDesignDay AllOtherDays, Until: 24:00, 0,</p> <p>Through: 31 Dec, For: Weekdays SummerDesignDay, Until: 08:00, 0, Until: 12:00, 0.35, Until: 13:00, 0.68, Until: 15:00, 0.35, Until: 17:00, 0.68, Until: 24:00, 0, For: Weekends, Until: 24:00, 0, For: Holidays, Until: 24:00, 0, For: WinterDesignDay AllOtherDays, Until: 24:00, 0;</p>	<p>Until: 17:00, 0.38, Until: 24:00, 0, For: Weekends, Until: 24:00, 0, For: Holidays, Until: 24:00, 0, For: WinterDesignDay AllOtherDays, Until: 24:00, 0,</p> <p>Through: 30 Jun, For: Weekdays SummerDesignDay, Until: 07:00, 0, Until: 08:00, 0.66, Until: 12:00, 0.2, Until: 13:00, 0.38, Until: 15:00, 0.2, Until: 17:00, 0.66, Until: 24:00, 0, For: Weekends, Until: 24:00, 0, For: Holidays, Until: 24:00, 0, For: WinterDesignDay AllOtherDays, Until: 24:00, 0,</p> <p>Through: 31 Aug, For: AllDays, Until: 24:00, 0,</p> <p>Through: 31 Oct, For: Weekdays SummerDesignDay, Until: 07:00, 0, Until: 08:00, 0.66, Until: 12:00, 0.2, Until: 13:00, 0.38, Until: 15:00, 0.2, Until: 17:00, 0.66, Until: 24:00, 0, For: Weekends, Until: 24:00, 0, For: Holidays, Until: 24:00, 0, For: WinterDesignDay AllOtherDays, Until: 24:00, 0,</p> <p>Through: 31 Dec, For: Weekdays SummerDesignDay, Until: 08:00, 0, Until: 12:00, 0.1, Until: 13:00, 0.38, Until: 15:00, 0.1, Until: 17:00, 0.38, Until: 24:00, 0, For: Weekends, Until: 24:00, 0, For: Holidays, Until: 24:00, 0, For: WinterDesignDay AllOtherDays, Until: 24:00, 0;</p>	<p>Until: 17:00, 0.38, Until: 24:00, 0, For: Weekends, Until: 24:00, 0, For: Holidays, Until: 24:00, 0, For: WinterDesignDay AllOtherDays, Until: 24:00, 0,</p> <p>Through: 30 Jun, For: Weekdays SummerDesignDay, Until: 07:00, 0, Until: 08:00, 0.38, Until: 12:00, 0.1, Until: 13:00, 0.38, Until: 15:00, 0.1, Until: 17:00, 0.38, Until: 24:00, 0, For: Weekends, Until: 24:00, 0, For: Holidays, Until: 24:00, 0, For: WinterDesignDay AllOtherDays, Until: 24:00, 0,</p> <p>Through: 31 Aug, For: AllDays, Until: 24:00, 0,</p> <p>Through: 31 Oct, For: Weekdays SummerDesignDay, Until: 07:00, 0, Until: 08:00, 0.38, Until: 12:00, 0.1, Until: 13:00, 0.38, Until: 15:00, 0.1, Until: 17:00, 0.38, Until: 24:00, 0, For: Weekends, Until: 24:00, 0, For: Holidays, Until: 24:00, 0, For: WinterDesignDay AllOtherDays, Until: 24:00, 0,</p> <p>Through: 31 Dec, For: Weekdays SummerDesignDay, Until: 08:00, 0, Until: 12:00, 0.1, Until: 13:00, 0.38, Until: 15:00, 0.1, Until: 17:00, 0.38, Until: 24:00, 0, For: Weekends, Until: 24:00, 0, For: Holidays, Until: 24:00, 0, For: WinterDesignDay AllOtherDays, Until: 24:00, 0;</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## 4.8. Activación automática de los sombreados

La activación manual o automática de sombreado está definida en la UNE-EN ISO 52022-1:2017 en 200 W/m<sup>2</sup> y 300 W/m<sup>2</sup>. El uso realista o habitual de los dispositivos de sombreado en colegio sería un uso dinámico en función del soleamiento de cada día (u hora) en días laborables y en cambio, en periodo no laboral una activación permanente (fines de semana y verano). Lamentablemente, en la actualidad el programa Design Builder tiene varias configuraciones, pero no se ha conseguido definir de esa manera exacta, que combinaría uso dinámico y uso manual.

Por todo ello, se ha definido un uso automático con una activación en 120 W/m<sup>2</sup>, este valor representa los controles actuales que son más eficientes que el mínimo de la normativa generalista. Además, esto permite visualizar el potencial máximo a conseguir con cada DS, y casos que utilicen menos frecuentemente su DS, obtendrán un beneficio parcial proporcional.

## 5. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Teniendo en cuenta el objeto principal del estudio y la complejidad de mostrar 64 casos de forma clara (4 climas, 2 edificios, 2 orientaciones y 4 niveles de sombreado), se ha optado por mostrar los resultados en una escala gradual, desde lo general a lo particular, profundizando en los resultados hasta llegar a unos ejemplos en todo detalle.

Además, se priorizan los análisis en base al objetivo general para ser más ilustrativos y entender los potenciales solares para diferentes casos, en base al clima, edificios nuevos o existentes, orientación este o sur, y los 4 niveles de sombreado analizados. Esto facilita visualizar de forma directa los potenciales de mejora, mostrando los valores promedio para el conjunto de casos donde se aplican las mismas condiciones. Finalmente, se muestran unos casos en detalle para completar el análisis.

Estos resultados presentan los potenciales de mejora y utilizan sólo las horas lectivas, 8:00 – 16:00 de lunes a viernes, y no se consideran las vacaciones de verano, desde la cuarta semana de junio a la primera de septiembre, ambas incluidas. Sólo en algunas gráficas y tablas se ha considerado todo el periodo, lectivo y no lectivo, y esta condición se recoge en su título para evitar cualquier confusión.

La estructura del análisis de resultados queda del siguiente modo:

- Potenciales de mejora: Análisis centrados en los % de mejora conseguida con cada dispositivo de sombreado. Se han obtenido las medias de todos los casos dentro de cada clima y con el mismo DS.
- Resultados generales: Los segundos análisis muestran los valores absolutos, con valores promedio agregados por clima en general, y algunas otras variables según el caso, como la época de construcción y orientación, para ver sus efectos.
- Dos casos en detalle: Se presentan 2 ejemplos en detalle, para ampliar los resultados y ver los días tipo de junio y septiembre de cada ejemplo.
- Resultados ampliados: En el Anexo se presentan unas tablas con todos los resultados obtenidos en todos los casos. También se presentan valores agrupados para cada variable.

### 5.1. Potenciales de mejora

#### 5.1.1. Reducción del Sobrecalentamiento

Todos los dispositivos de sombreado (DS) aportan mejoras en el riesgo de sobrecalentamiento en los 4 climas analizados. Las reducciones son de entre un 34 – 54 %

para DS interiores y de 56 – 82 % en DS exteriores en los grados hora de refrigeración respecto a 26. Para las mejoras de GHR 28 las mejoras son de entre un 48 -87 % en DS interiores y de 79 – 100% en DS exteriores. Esto sugiere que los DS ayudan especialmente a mitigar las temperaturas pico por encima de 28 °C.

Las mejoras en porcentaje son mayores en el clima de Bilbao - C1 y menores en el clima de Almería – A4. Más adelante se profundiza en esta tendencia.

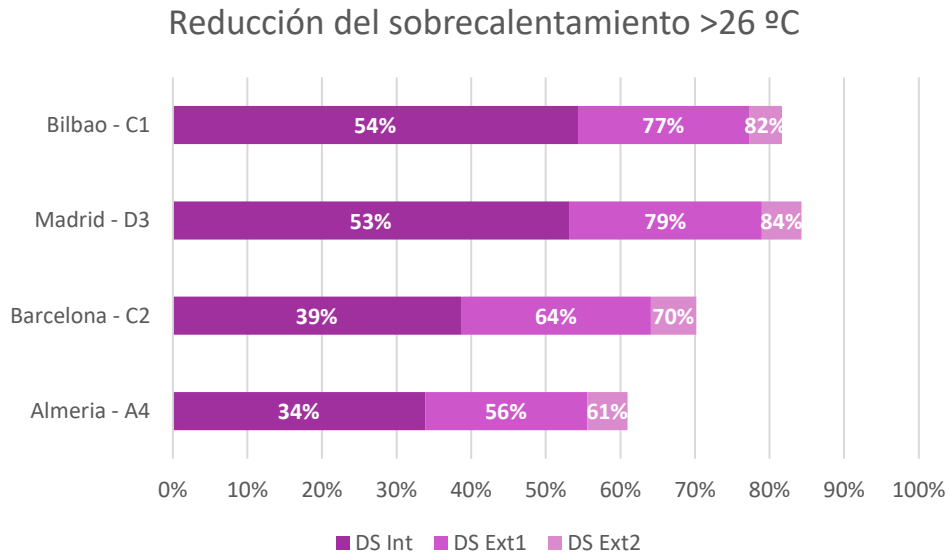


Figura 9. Reducción del sobrecalentamiento a 26 °C, mejoras generales según DS y clima

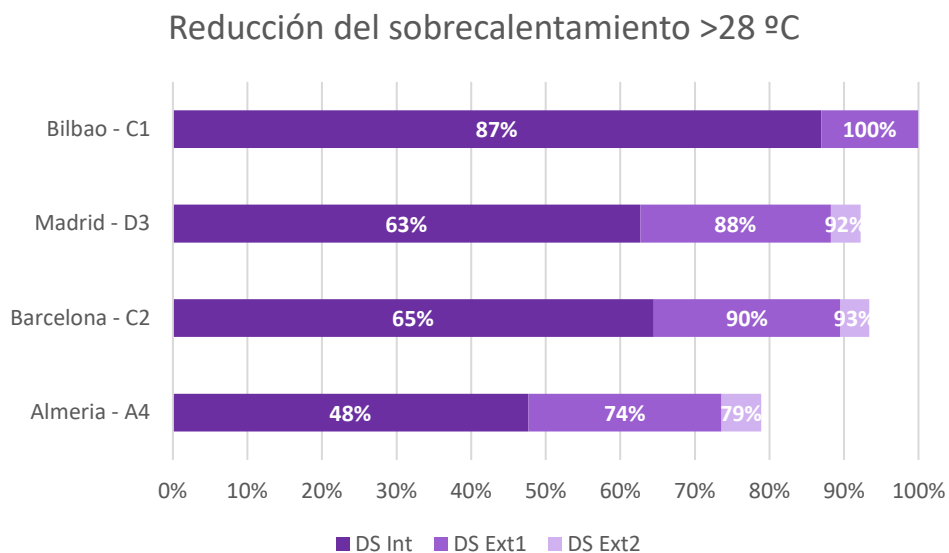


Figura 10. Reducción del sobrecalentamiento a 28 °C, mejoras generales según DS y clima

### 5.1.2. Reducción de la necesidad de Refrigeración

Todos los DS reducen la necesidad de refrigeración, tanto en energía, como en potencia pico. Según el clima, la energía para refrigeración se reduce con los DS interiores entre 10 – 19 % y con los DS exteriores entre 41 – 78 %. La potencia pico también se reduce entre 10 – 26 % con DS interiores y entre 24 – 59 % con DS exteriores.

En general, los porcentajes de mejora son mayores en climas más frescos (Bilbao C1) que en los más cálidos (Almería A4).

Téngase presente que este análisis de las demandas de refrigeración se ha realizado con modelos específicos, con menor ventilación natural que en los casos sin refrigeración activa, ya que se activan equipos de refrigeración, véase el capítulo 4 para más información.

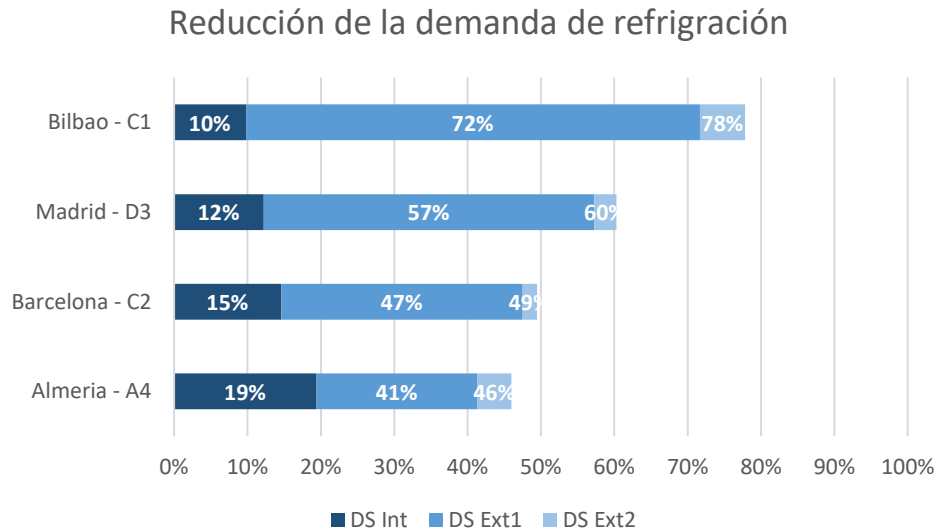


Figura 11. Reducción de la demanda de refrigeración, mejoras generales según DS y clima

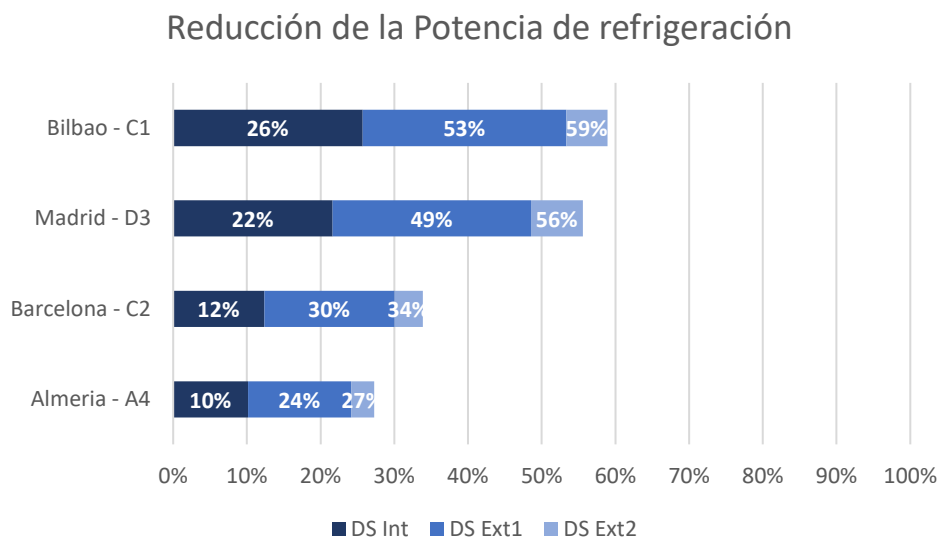


Figura 12. Reducción de la potencia de refrigeración, mejoras generales según DS y clima

### 5.1.3. Bajada de las Temperaturas interiores

Todos los DS aportan mejoras en las temperaturas interiores. El uso de DS exteriores reduce las temperaturas interiores entre 1,3 y 1,7 °C de media en las horas lectivas de los meses más cálidos, según el clima.

En general, las bajadas de temperatura son un poco mayores en los climas más cálidos (Almería A4) que en los climas más frescos (Bilbao C1). Nótese que la mayor bajada se produce en el clima de Madrid, posiblemente por ser un clima cual, con noches más frescas que en Barcelona o Almería.

Temperatura operativa media, junio y septiembre

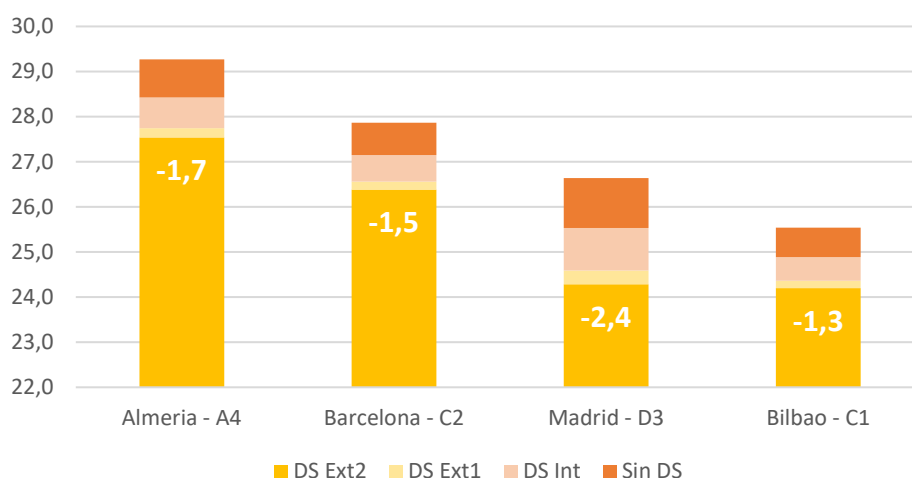


Figura 13. Bajada de las temp. operativas interiores, mejoras generales según DS y clima

#### 5.1.4. Efecto de cada variable en los potenciales de mejora

Para comprender los efectos de cada variable, se presentan los valores medios de todos los casos de forma agrupada en función de un solo parámetro. Esto permite ver las tendencias generales para ese parámetro.

En el apartado siguiente se muestran en mayor detalle algunas combinaciones de las variables. Para más detalles, todos los resultados están detallados en el anexo final.

Tabla 9. Análisis agrupados 1: Mejoras en Sobrecalentamiento, Ahorro Energético y Temperatura

	Reducción del sobrecalentamiento >26 °C (%, GHR 26, horas lectivas)	Reducción del sobrecalentamiento >28 °C (%, GHR 28, horas lectivas)	Ahorro en Refrigeración (%, Demanda Refrig.)	Reducción de la potencia de refrigeración (%, Potencia Refrig.)	Bajada de la Temperatura media (ΔTm, °C en junio y septiembre)	Bajada de la Temperatura maxima (ΔTmax, °C, junio y sep)
<b>Análisis por zona climática</b>						
Almeria - A4	50%	67%	35%	20%	-1,4	-1,4
Barcelona - C2	58%	83%	38%	26%	-1,2	-1,4
Madrid - D3	72%	88%	49%	42%	-1,8	-2,0
Bilbao - C1	71%	96%	47%	51%	-1,1	-1,2
<b>Análisis por Edificio</b>						
CTE 2019	61%	81%	44%	32%	-1,4	-1,5
NBE CT-79	64%	86%	41%	38%	-1,3	-1,5
<b>Análisis por Orientación</b>						
Sur	62%	82%	40%	34%	-1,2	-1,3
Este	64%	84%	45%	36%	-1,6	-1,7
<b>Análisis por Dispositivo de Sombreado</b>						
DS Int	45%	69%	23%	18%	-0,8	-1,0
DS Ext1	69%	89%	50%	41%	-1,5	-1,7
DS Ext2	74%	92%	55%	46%	-1,7	-1,9

## 5.2. Resultados generales

En este apartado se muestran los valores absolutos, no los porcentajes de mejora.

### 5.2.1. Sobrecalentamiento respecto a 26 y 28 °C

En primer lugar, los riesgos de sobrecalentamiento en base a los GHR26 se presentan agrupados por clima y DS. En segundo lugar, se agrupan en base a los tipos de edificio y orientación (y clima), para entender las diferencias entre casos y no tanto, para mostrar los efectos de los DS. Los mapas muestran los sobrecalentamientos en base a una escala de colores intuitiva.

En general:

- Los DS reducen los niveles de sobrecalentamiento en todos los casos analizados.
- Los casos del CTE de 2019 tienen un riesgo de sobrecalentamiento mayor que los edificios de los años 80, construidos según la CT-79.
- Los casos en orientación Este tienen un riesgo de sobrecalentamiento mayor que los de orientación Sur.

*Tabla 10. Análisis del sobrecalentamiento en GHR26, según DS y clima*

Sobrecalentamiento >26, según DS y clima (GHR 26)	Almeria A4	Barcelona C2	Madrid D3	Bilbao C1
Sin DS	1317	653	361	130
DS Int	867	400	186	60
DS Ext1	582	234	90	29
DS Ext2	511	194	69	23

*Tabla 11. Análisis del sobrecalentamiento en GHR26, según edificio, orientación y clima*

Sobrecalentamiento >26, según Clima, Edificio y Orientación (GHR 26)	Almeria A4	Barcelona C2	Madrid D3	Bilbao C1
CTE 2019, Sur	758	384	265	80
CTE 2019, Este	834	377	311	56
NBE CT-79, Sur	811	363	55	64
NBE CT-79, Este	875	357	75	42

En segundo lugar, se muestran los riesgos de sobrecalentamiento en base a los GHR28, que ayudan a filtrar los datos anteriores y conocer dónde están los periodos más calurosos. Se utilizan los mismos dos mapas anteriores.

Tabla 12. Análisis del sobrecalentamiento en GHR28, según DS y clima

<b>Sobrecalentamiento &gt;28, según DS y clima (GHR 28)</b>	Almeria A4	Barcelona C2	Madrid D3	Bilbao C1
Sin DS	504	159	121	11
DS Int	264	56	45	1
DS Ext1	133	17	14	0
DS Ext2	107	10	9	0

Tabla 13. Análisis del sobrecalentamiento en GHR28, según edificio, orientación y clima

<b>Sobrecalentamiento &gt;28, según Clima, Edificio y Orientación (GHR 28)</b>	Almeria A4	Barcelona C2	Madrid D3	Bilbao C1
CTE 2019, Sur	237	76	75	7
CTE 2019, Este	254	53	100	1
NBE CT-79, Sur	252	68	4	4
NBE CT-79, Este	265	45	11	0

Adicionalmente, se presentan unos diagramas de tipo radar, para entender todas las variables de forma más integral, ya que permiten ver rápidamente el efecto del clima, la edificación nueva o existente, la orientación y los DS analizados.

Nótese que se han utilizado diferentes escalas de forma progresiva, manteniendo la tendencia base, pero con diferencias entre los climas. Ha sido necesario para que se aprecien los polígonos sin perder toda su geometría al usarse una única escala.



Figura 14. Análisis del sobrecalentamiento en GHR26, según DS, clima, edificio y orientación

## 5.2.2. Demanda y Potencia de refrigeración

De forma análoga, se presentan los resultados para las necesidades de refrigeración, en demanda anual y en potencia de diseño considerando el 99,6% de las horas. Los resultados están agrupados en DS y clima, y posteriormente, agrupados por edificio y orientación (y clima).

Los resultados son similares a los observados en el riesgo de sobrecalentamiento, tanto en DS, como en clima, tipos de edificio y orientación.

Téngase presente que en los casos con refrigeración activa se aplica una menor tasa de ventilación y puede haber un rebote en los consumos de algunos casos y periodos.

Tabla 14. Análisis de la demanda de refrigeración, según DS y clima

<b>Demanda de Refrigeración, según DS y clima (kWh/m2)</b>	Almería A4	Barcelona C2	Madrid D3	Bilbao C1
<b>Sin DS</b>	20,5	12,6	6,5	2,0
<b>DS Int</b>	16,5	10,2	4,7	1,5
<b>DS Ext1</b>	12,0	6,9	2,8	0,9
<b>DS Ext2</b>	11,1	6,3	2,4	0,8

Tabla 15. Análisis de la demanda de refrigeración, según edificio, orientación y clima

Demanda de Refrigeración según Clima, Edificio y Orientación (kWh/m <sup>2</sup> )	Almeria A4	Barcelona C2	Madrid D3	Bilbao C1
CTE 2019, Sur	13,4	11,6	5,2	2,2
CTE 2019, Este	15,2	12,0	6,2	1,9
NBE CT-79, Sur	15,1	6,1	2,2	0,6
NBE CT-79, Este	16,5	6,3	2,8	0,5

Las potencias de refrigeración tienen resultados con tendencias similares a las anteriores.

Tabla 16. Análisis de la potencia de refrigeración, según DS y clima

Potencia de refrigeración según DS y clima (W/m <sup>2</sup> )	Almeria A4	Barcelona C2	Madrid D3	Bilbao C1
Sin DS	80,6	71,7	49,2	17,7
DS Int	72,4	62,9	38,5	13,2
DS Ext1	61,1	50,2	25,3	8,3
DS Ext2	58,6	47,4	21,8	7,3

Tabla 17. Análisis de la potencia de refrigeración, según edificio, orientación y clima

Potencia de refrigeración, según Clima, Edificio y Orientación (W/m <sup>2</sup> )	Almeria A4	Barcelona C2	Madrid D3	Bilbao C1
CTE 2019, Sur	69,5	66,0	38,9	19,9
CTE 2019, Este	68,9	65,0	44,2	17,6
NBE CT-79, Sur	67,2	50,8	23,6	5,1
NBE CT-79, Este	67,1	50,4	28,2	3,9

Para tener una visión general de cuánto varían de unos casos a otros, se presenta la siguiente gráfica que muestra la variabilidad dentro de cada clima y DS, que representará a los edificios nuevos o existentes, así como a las orientaciones sur y este estudiadas.

Análisis de Demanda de refrigeración según DS y Clima

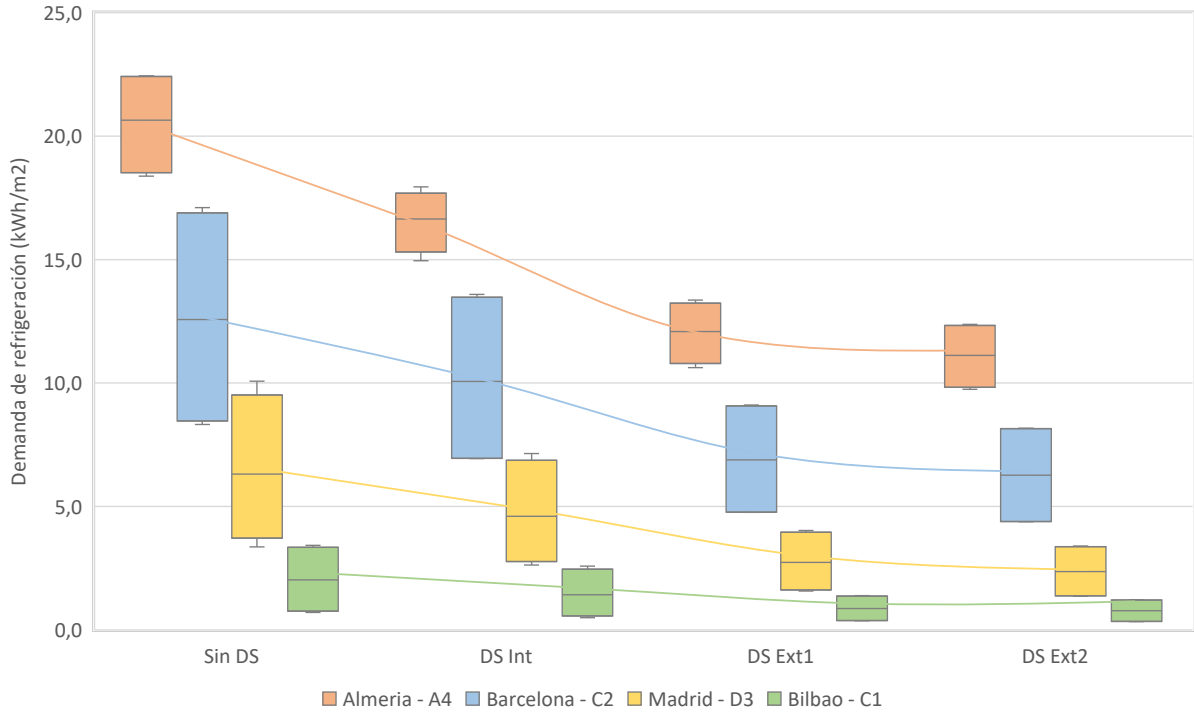


Figura 15. Análisis ampliado de la demanda de refrigeración, según DS y clima

### 5.2.3. Temperaturas interiores

Las temperaturas operativas interiores de los casos se presentan también agrupados, en primer lugar, por el DS y clima, y posteriormente, por edificio y orientación (y clima).

Se ha optado por mostrar las temperaturas medias de los meses de junio y septiembre. Además, como en los análisis anteriores, se cuentan sólo las horas lectivas, sin el periodo vacacional.

Los resultados, lógicamente, son similares a los observados en riesgo de sobrecalentamiento y temperaturas, tanto en DS, como en clima, tipos de edificio y orientación.

Tabla 18. Análisis de la temperatura operativa interior de junio y septiembre, según DS y clima

Temperatura operativa media de junio y septiembre, según DS y clima (°C)	Almeria - A4	Barcelona - C2	Madrid - D3	Bilbao - C1
Sin DS	29,3	27,9	26,6	25,5
DS Int	28,4	27,1	25,5	24,9
DS Ext1	27,7	26,6	24,6	24,4
DS Ext2	27,5	26,4	24,3	24,2

Tabla 19. Análisis de la temperatura operativa interior de junio y septiembre, según edificio, orientación y clima

Temperatura operativa media de junio y septiembre, según Clima, Edificio y Orientación (°C)	Almeria - A4	Barcelona - C2	Madrid - D3	Bilbao - C1
CTE 2019, Sur	27,9	27,0	26,1	24,8
CTE 2019, Este	28,4	27,1	26,4	24,9
NBE CT-79, Sur	28,1	26,9	24,1	24,6
NBE CT-79, Este	28,6	27,0	24,4	24,7

Para tener una visión más amplia de todos los casos, se han creado dos gráficos adicionales. El primero es un diagrama de tipo radar, con las temperaturas medias de los 64 casos analizados.

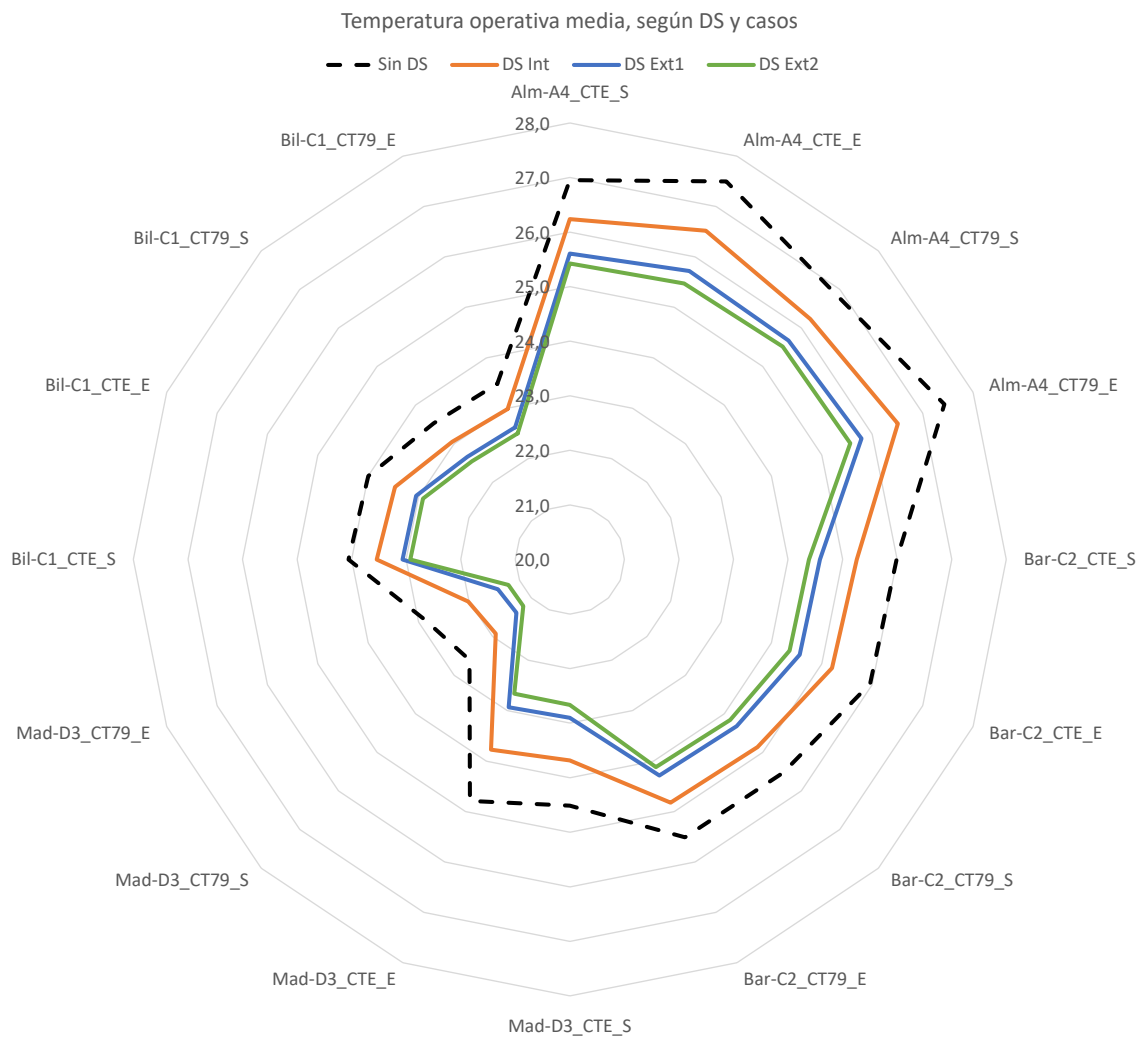


Figura 16. Análisis ampliado de la temperatura media de junio y septiembre, según DS y todos los casos analizados

El segundo es un conjunto de mapas de España donde se representa el porcentaje de horas por encima de 26 °C. Se marcan 4 mapas con los valores para las capitales analizadas y los niveles de sombreado analizados, donde se han subrayado todas las provincias en función de a cuál de estos 4 climas se tiene mayor similitud.

Este gráfico es un mapa de la aplicabilidad de los DS y ayuda a extrapolar los resultados del presente estudio a otras provincias y climas, de forma preliminar y no detallada.

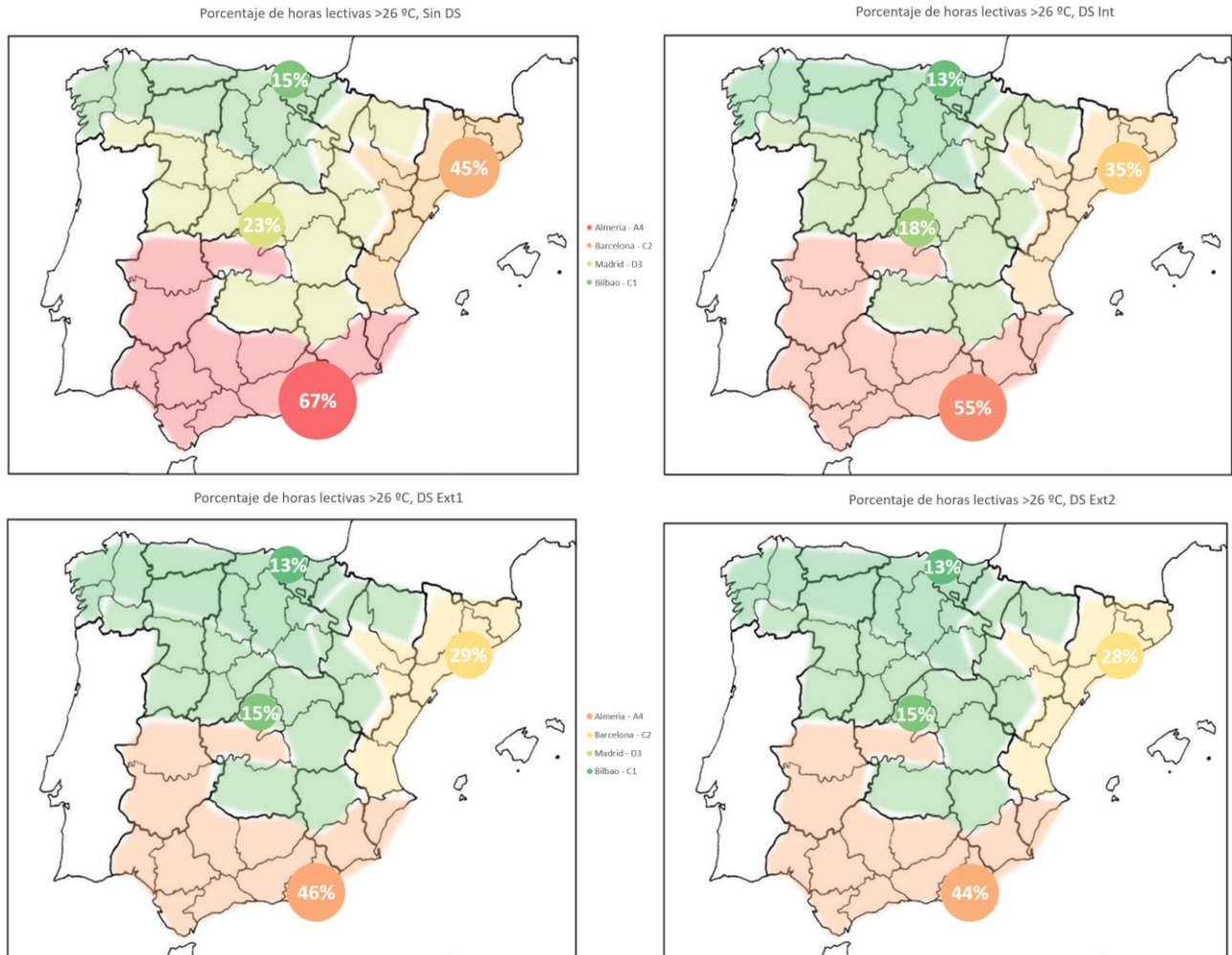


Figura 17. Mapeado del porcentaje de horas lectivas sobre 26 °C, entre abril y octubre, según DS y clima, marcando las ciudades analizadas y extendiendo a climas similares

## 5.2.4. Efecto de cada variable en los resultados

Al igual que en el apartado 5.1.4, se presentan los valores medios de todos los casos de forma agrupada en función de un solo parámetro. Esto permite ver las tendencias generales para cada uno de los parámetros analizados. Se muestran además valores de junio, de septiembre, y de todo el periodo analizado (abril a octubre). Se presentan las tablas en páginas diferenciadas para facilitar su lectura.

Tabla 20. Análisis agrupados 2: Temperaturas medias, máximas y % horas lectivas >26 °C

	Temperatura operativa media			Temperatura operativa máxima			Porcentaje de horas lectivas >26 °C (%)		
	Abril-Oct	Jun	Sep	Abril-Oct	Jun	Sep	Abril-Oct	Jun	Sep
<b>Análisis por zona climática</b>									
Almeria - A4	26,2	27,3	29,2	31,3	29,8	31,3	53%	78%	100%
Barcelona - C2	24,9	26,2	27,8	29,8	28,2	29,8	34%	56%	91%
Madrid - D3	22,7	24,8	25,7	29,8	29,8	28,9	18%	30%	41%
Bilbao - C1	23,1	23,8	25,7	28,3	26,3	28,3	13%	5%	41%
<b>Análisis por Edificio</b>									
CTE 2019	24,5	25,8	27,3	30,1	28,8	29,9	32%	45%	74%
NBE CT-79	23,9	25,3	26,8	29,5	28,3	29,2	28%	39%	63%
<b>Análisis por Orientación</b>									
Sur	24,2	25,2	27,2	29,9	28,2	29,8	28%	37%	70%
Este	24,3	25,9	27,0	29,7	28,9	29,3	31%	47%	67%
<b>Análisis por Dispositivo de Sombreado</b>									
Sin DS	25,1	26,5	28,2	31,0	29,6	30,8	37%	56%	84%
DS Int	24,4	25,7	27,3	30,0	28,7	29,8	30%	45%	72%
DS Ext1	23,8	25,1	26,5	29,2	28,0	29,0	26%	35%	60%
DS Ext2	23,6	24,9	26,3	29,0	27,8	28,7	25%	32%	57%

Tabla 21. Análisis agrupados 3: Sobrecalentamientos a 26 y 28 °C, Demandas de energía y Potencias

	Sobrecalentamiento, horas lectivas >26			Sobrecalentamiento, horas lectivas >28			Demanda de calefacción (kWh/m <sup>2</sup> )	Demanda de refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> )			Potencia de refrigeración (W/m <sup>2</sup> )
	Abril-Oct	Jun	Sep	Abril-Oct	Jun	Sep	Anual	Abril-Oct	Jun	Sep	Abril-Oct
<b>Análisis por zona climática</b>											
Almeria - A4	819	206	378	252	57	156	4,1	15,1	4,4	6,6	68,2
Barcelona - C2	370	87	220	60	8	47	11,0	9,0	3,4	4,0	58,1
Madrid - D3	177	89	82	47	28	19	35,4	4,1	1,6	2,2	33,7
Bilbao - C1	60	5	50	3	0	3	18,9	1,3	0,3	0,8	11,6
<b>Análisis por Edificio</b>											
CTE 2019	383	108	197	100	29	61	13,0	8,5	2,8	3,9	48,7
NBE CT-79	330	85	168	81	18	52	21,7	6,3	2,0	2,9	37,1
<b>Análisis por Orientación</b>											
Sur	348	69	193	90	11	63	15,0	7,1	2,0	3,4	42,6
Este	366	124	172	91	36	50	19,8	7,7	2,8	3,3	43,2
<b>Análisis por Dispositivo de Sombreado</b>											
Sin DS	615	164	280	199	53	112	16,2	10,4	3,3	4,6	54,8
DS Int	379	103	195	92	23	59	17,1	8,2	2,7	3,8	46,8
DS Ext1	234	65	135	41	10	30	17,9	5,6	1,9	2,7	36,2
DS Ext2	199	55	119	32	7	24	18,2	5,1	1,8	2,5	33,8

## 5.3. Ejemplos de casos y análisis detallado

### 5.3.1. Ejemplo 1: Almería - Ed. existente - Este

Se presentan los resultados detallados de un caso con potencial medio. Es un aula en clima muy caluroso, en Almería A4, el edificio es existente de los años 80 y tiene una orientación este.

En primer lugar, se muestran las temperaturas mensuales medias de todo el año según los diferentes DS. En este caso se utilizan todas las horas, no sólo las lectivas, ya que, si no, no sería posible mostrar los meses de julio y agosto. A continuación, se muestran las máximas mensuales.

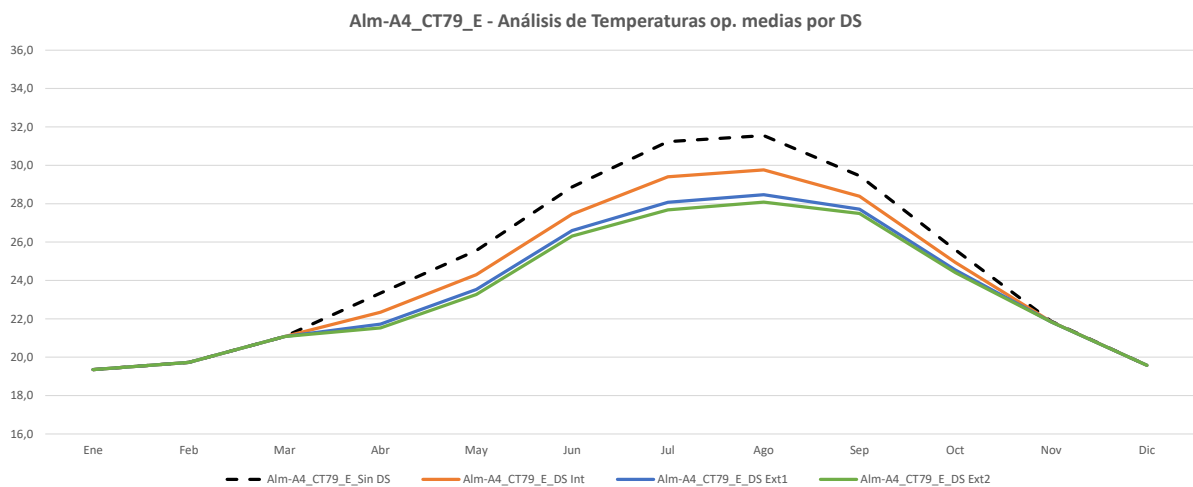


Figura 18. Evolución de la temperatura operativa interior media según DS, Almería-A4, edificio Existente al Este.

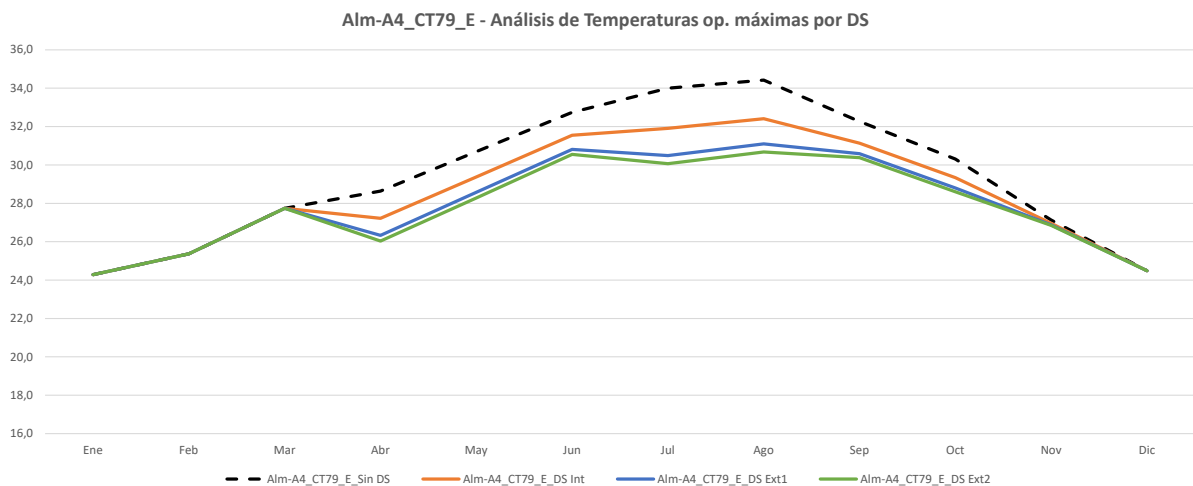


Figura 19. Evolución de la temperatura operativa interior máxima según DS, Almería-A4, edificio Existente al Este.

Las ganancias térmicas por ventanas son proporcionales a la capacidad de bloqueo solar de cada tipo de sombreado. De nuevo, se han calculado utilizando todo el horario, no sólo las horas lectivas, para tener meses similares y poder mostrar el periodo de julio y agosto.

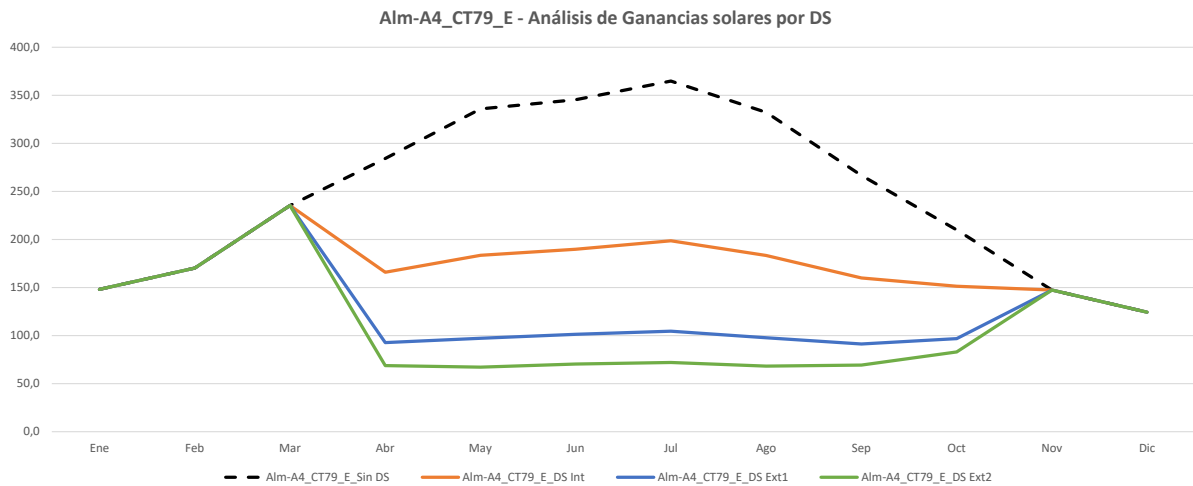


Figura 20. Evolución de la ganancia térmica por ventanas según DS, Almeria-A4, edificio Existente al Este.

La demanda de refrigeración se ha calculado considerando que la refrigeración activa sólo funciona para los días lectivos, para cubrir los 26 °C de consigna en temperatura de aire en el horario escolar.

Se observa que en junio y septiembre se concentra la gran mayoría de la necesidad de refrigeración. Así todo, es necesario prestar atención también a mayo y octubre, pues sin DS alcanzan unos 150 kWh/mes, que equivalen a unos 3 kWh/m<sup>2</sup>·mes.

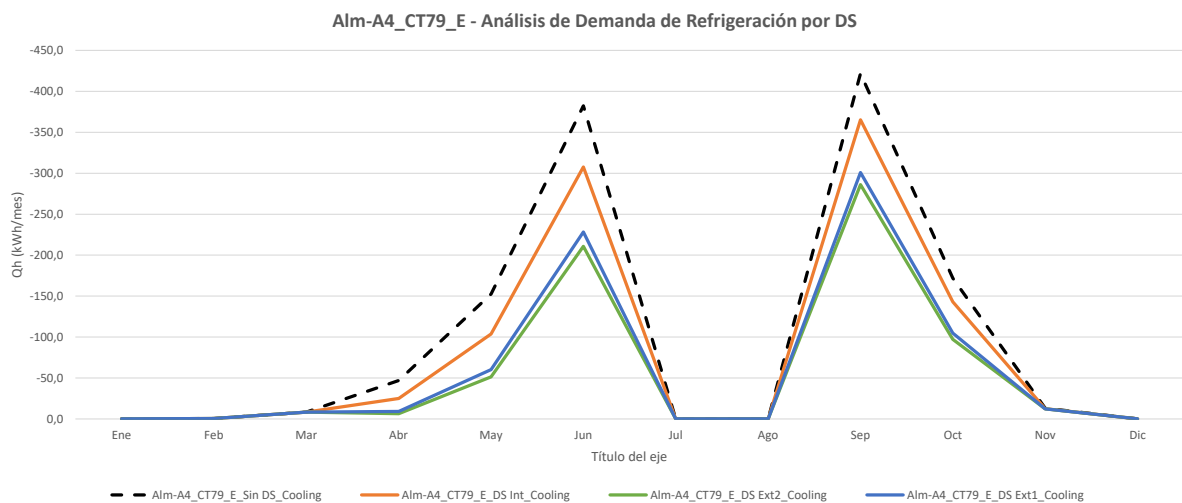


Figura 21. Evolución de la demanda de refrigeración según DS, Almeria-A4, edificio Existente al Este.

Por otro lado, los DS también afectan al tamaño de los equipos de refrigeración para cubrir esa necesidad. Por ello, se han analizado las potencias pico de refrigeración y se ha analizado cuáles son el pico máximo, la potencia del 99 % y la del 99,6%, siendo ésta última, la más habitual para el dimensionado de diseño, considerando que los sistemas activos son equipos de respuesta corta y las olas de calor cada vez más frecuentes.

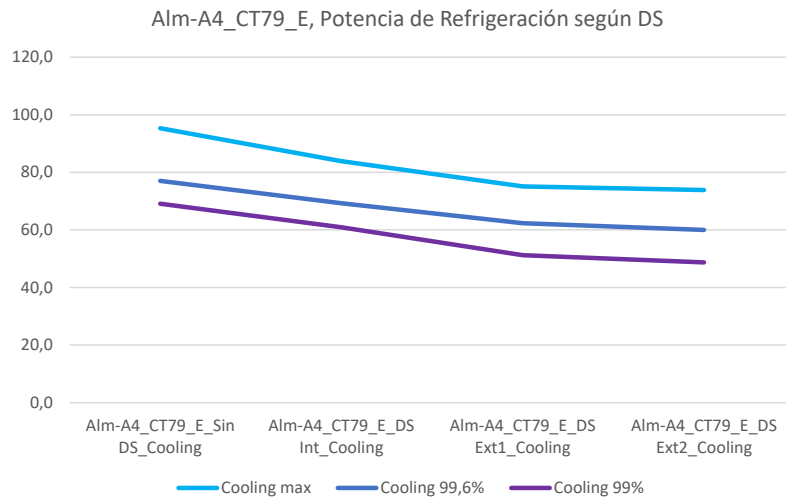


Figura 22. Análisis de la potencia de refrigeración según DS, Almería-A4, edificio Existente al Este.

Para entender mejor cómo funcionan los sistemas, se han calculado los días lectivos promedio de junio y septiembre. En las siguientes gráficas se aprecia que las temperaturas interiores funcionan de forma paralela, así que las diferencias de la temperatura máxima son similares a las temperaturas medias en horario lectivo.

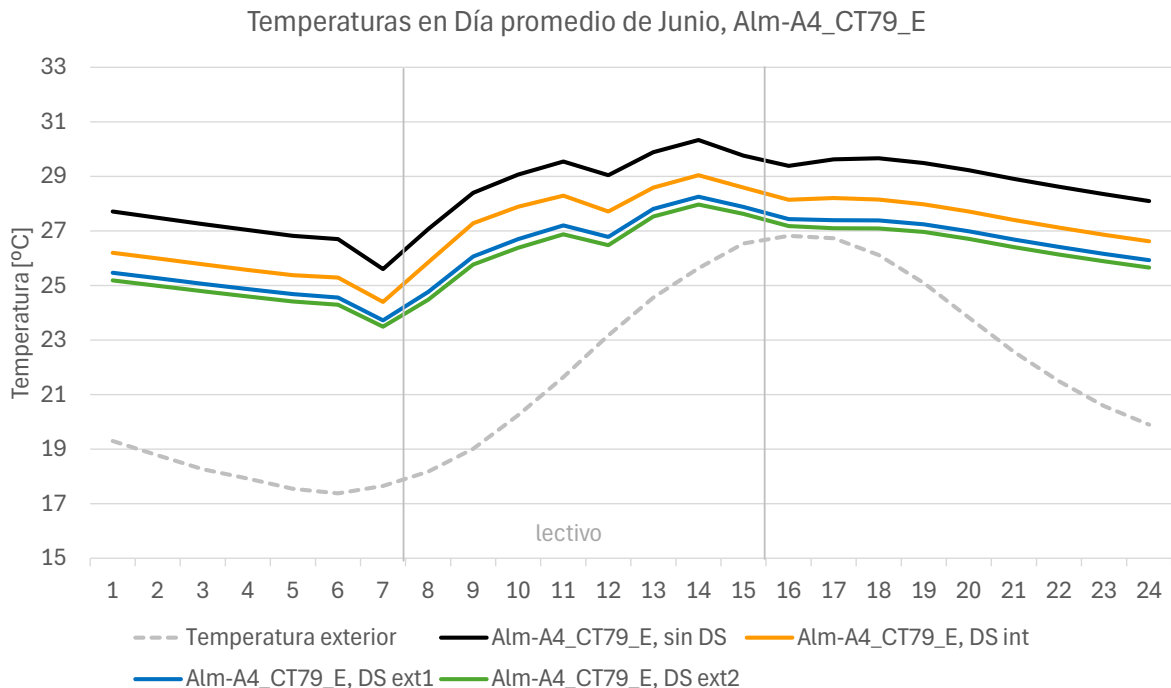


Figura 23. Detalle de temperaturas en día lectivo de junio, Almería-A4, edificio Existente al Este.

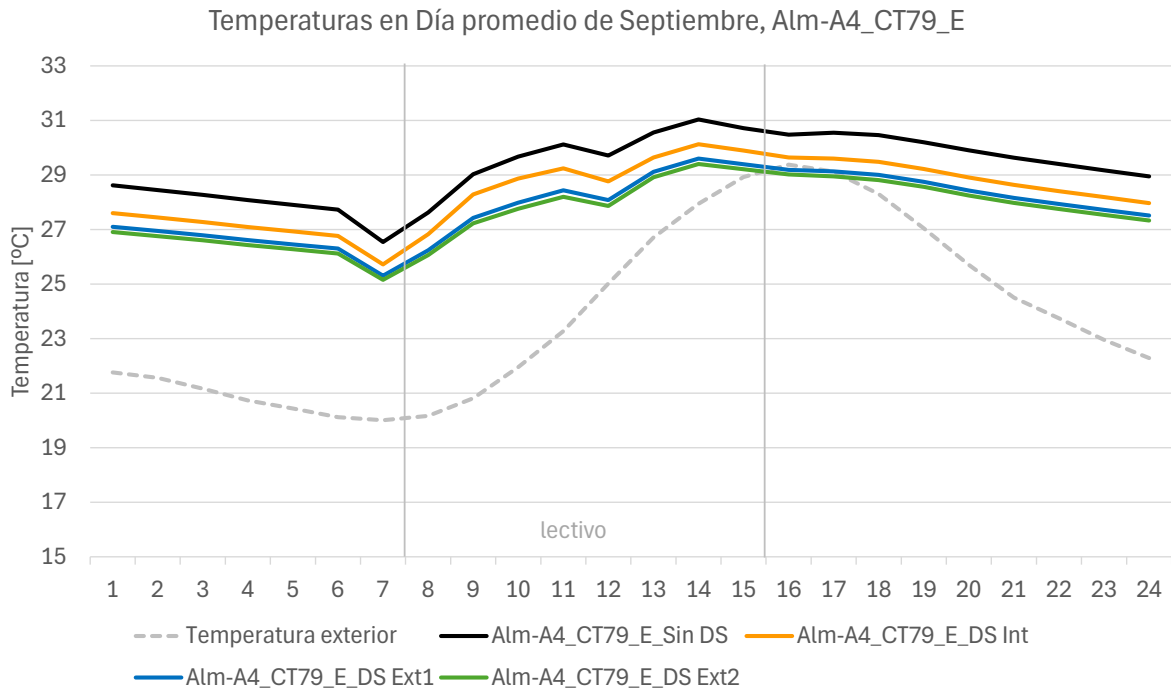


Figura 24. Detalle de temperaturas en día lectivo de septiembre, Almería-A4, edificio Existente al Este.

También se presenta una semana tipo de junio, mostrando la diferencia entre día lectivos y fines de semana.

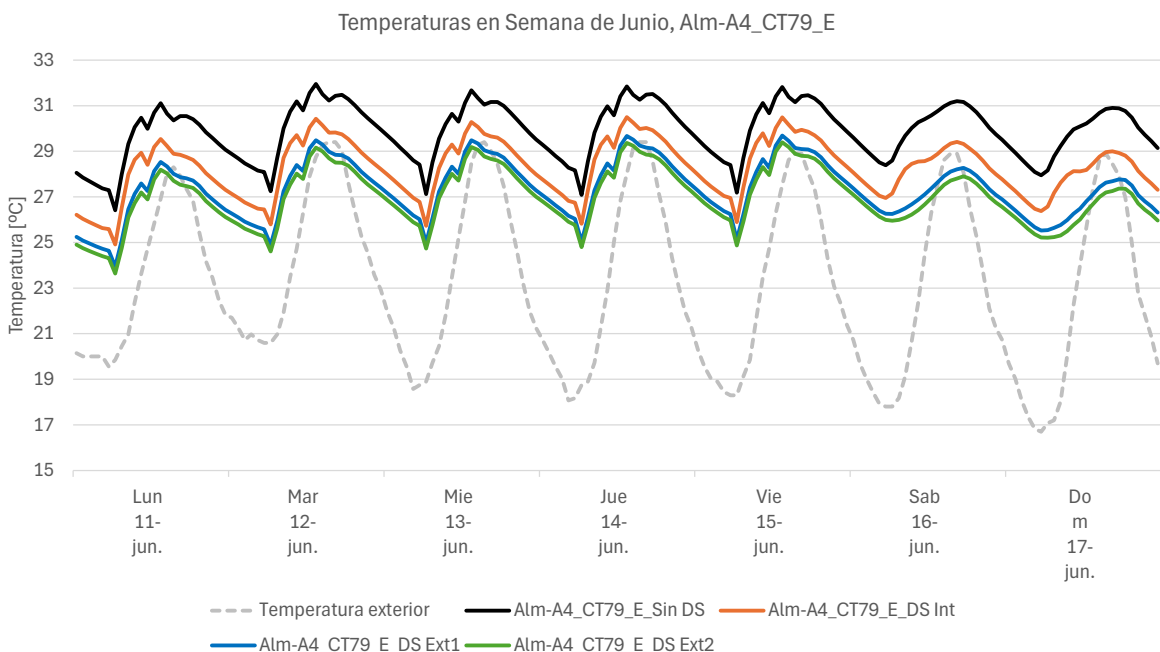


Figura 25. Temperaturas en una semana de junio, Almería-A4, edificio Existente al Este.

El análisis detallado se completa con análisis horarios de temperatura y sobrecalentamiento para los diferentes sombreados. Se han analizado para cuatro periodos diferentes, comenzando con los valores acumulados en todo el año y uno más acotado para el periodo

con potencial cálido de abril-octubre, así como para los periodos con mayor necesidad de protección solar, es decir, las semanas lectivas de junio y las semanas lectivas de septiembre.

Tabla 22. Análisis horario de temperaturas y sobrecalentamiento, Almería-A4, edificio Existente al Este.

Alm-A4 CT79 E	Aire exterior	Sin DS	DS int	DS ext1	DS ext2
<b>ANÁLISIS ANUAL DE TEMPERATURAS</b>					
<b>TEMPERATURAS</b>					
T op. Media	18,5	24,8	24,0	23,5	23,4
<b>Frecuencias</b>					
>28	595	2735	2120	1363	1083
26 a 28	466	845	978	1442	1583
21 a 26	2040	2799	3201	3430	3532
< 21	5659	2381	2461	2525	2562
Total	8760	8760	8760	8760	8760
Reducción horas >28 °C			-22%	-50%	-60%
Reducción horas >26 °C			-13%	-22%	-26%
Grados Hora 28 °C		7197	3319	1307	880
Mejora Grados-Hora 28			-54%	-82%	-88%
Grados Hora 26 °C		13483	8600	5596	4715
Mejora Grados-Hora 26			-36%	-58%	-65%
<b>ANÁLISIS ANUAL DE TEMPERATURAS EN HORARIO LECTIVO</b>					
<b>TEMPERATURAS</b>					
T op. Media	17,9	24,8	24,3	24,0	23,9
T op. Media	31,7	32,1	31,1	30,6	30,4
<b>Frecuencias</b>					
>28	61	308	206	144	125
26 a 28	65	282	270	223	219
21 a 26	338	844	956	1064	1086
< 21	1184	214	216	217	218
Total	1648	1648	1648	1648	1648
Reducción horas >28 °C			-33%	-53%	-59%
Reducción horas >26 °C			-19%	-38%	-42%
Grados Hora 28 °C		532	272	143	112
Mejora Grados-Hora 28			-49%	-73%	-79%
Grados Hora 26 °C		1441	917	628	552
Mejora Grados-Hora 26			-36%	-56%	-62%

Alm-A4 CT79 E	Aire exterior	Sin DS	DS int	DS ext1	DS ext2
<b>ANÁLISIS DE TEMPERATURAS: ABRIL-JUNIO Y SEPTIEMBRE OCTUBRE</b>					
<b>TEMPERATURAS</b>					
T op. Media	20,3	26,6	25,5	24,8	24,6
<b>Frecuencias</b>					
>28	189	1247	790	476	383
26 a 28	229	824	799	850	841
21 a 26	1169	1411	1815	2015	2080
< 21	2037	142	220	283	320
Total	3624	3624	3624	3624	3624
Reducción horas >28 °C			-37%	-62%	-69%
Reducción horas >26 °C			-23%	-36%	-41%
Grados Hora 28 °C		7197	3319	1307	880
Mejora Grados-Hora 28			-54%	-82%	-88%
Grados Hora 26 °C		13470	8588	5584	4703
Mejora Grados-Hora 26			-36%	-59%	-65%
<b>ANÁLISIS DE TEMPERATURAS EN HORARIO LECTIVO: ABRIL-JUNIO Y SEPTIEMBRE OCTUBRE</b>					
<b>TEMPERATURAS</b>					
T op. Media	21,4	27,4	26,5	25,8	25,6
T op. Media	31,7	32,1	31,1	30,6	30,4
<b>Frecuencias</b>					
>28	61	308	206	144	125
26 a 28	60	265	253	207	203
21 a 26	290	203	315	422	444
< 21	365	0	2	3	4
Total	776	776	776	776	776
Reducción horas >28 °C			-33%	-53%	-59%
Reducción horas >26 °C			-20%	-39%	-43%
Grados Hora 28 °C		532	272	143	112
Mejora Grados-Hora 28		0%	-49%	-73%	-79%
Grados Hora 26 °C		1431	907	619	543
Mejora Grados-Hora 26		0%	-37%	-57%	-62%

Alm-A4 CT79 E	Aire exterior	Sin DS	DS int	DS ext1	DS ext2
<b>ANÁLISIS DE TEMPERATURAS: 3 semanas de JUNIO</b>					
<b>TEMPERATURAS</b>					
T op. Media	21,5	28,3	26,9	26,0	25,8
<b>Frecuencias</b>					
>28	38	294	143	72	53
26 a 28	47	153	207	188	171
21 a 26	156	57	154	244	280
< 21	263	0	0	0	0
Total	504	504	504	504	504
Reducción horas >28 °C			-51%	-76%	-82%
Reducción horas >26 °C			-22%	-42%	-50%
Grados Hora 28 °C		472	145	50	32
Mejora Grados-Hora 28			-69%	-89%	-93%
Grados Hora 26 °C		1227	637	362	288
Mejora Grados-Hora 26			-48%	-71%	-77%
<b>ANÁLISIS DE TEMPERATURAS EN HORARIO LECTIVO: 3 semanas de JUNIO</b>					
<b>TEMPERATURAS</b>					
T op. Media	23,5	29,4	28,2	27,3	27,0
T op. Media	31,0	32,0	30,5	29,7	29,4
<b>Frecuencias</b>					
>28	17	96	66	40	32
26 a 28	15	24	50	57	59
21 a 26	55	0	4	23	29
< 21	33	0	0	0	0
Total	120	120	120	120	120
Reducción horas >28 °C			-31%	-58%	-67%
Reducción horas >26 °C			-3%	-19%	-24%
Grados Hora 28 °C		206	93	39	26
Mejora Grados-Hora 28			-55%	-81%	-87%
Grados Hora 26 °C		451	294	190	161
Mejora Grados-Hora 26			-35%	-58%	-64%

Alm-A4 CT79 E	Aire exterior	Sin DS	DS int	DS ext1	DS ext2
<b>ANÁLISIS DE TEMPERATURAS: 3 semanas de SEPTIEMBRE</b>					
<b>TEMPERATURAS</b>					
T op. Media	23,9	29,3	28,3	27,7	27,5
<b>Frecuencias</b>					
>28	84	414	302	211	184
26 a 28	64	87	179	246	259
21 a 26	250	3	23	47	61
< 21	106	0	0	0	0
Total	504	504	504	504	504
Reducción horas >28 °C			-27%	-49%	-56%
Reducción horas >26 °C			-4%	-9%	-12%
Grados Hora 28 °C		1120	516	262	205
Mejora Grados-Hora 28			-54%	-77%	-82%
Grados Hora 26 °C		2492	1725	1260	1112
Mejora Grados-Hora 26			-31%	-49%	-55%
<b>ANÁLISIS DE TEMPERATURAS EN HORARIO LECTIVO: 3 semanas de SEPTIEMBRE</b>					
<b>TEMPERATURAS</b>					
T op. Media	25,5	30,2	29,3	28,7	28,4
T op. Media	31,7	32,1	31,1	30,6	30,4
<b>Frecuencias</b>					
>28	36	118	109	85	78
26 a 28	17	2	11	35	41
21 a 26	55	0	0	0	1
< 21	12	0	0	0	0
Total	120	120	120	120	120
Reducción horas >28 °C			-8%	-28%	-34%
Reducción horas >26 °C			0%	0%	-1%
Grados Hora 28 °C		260	162	100	84
Mejora Grados-Hora 28			-38%	-62%	-68%
Grados Hora 26 °C		499	397	318	294
Mejora Grados-Hora 26			-21%	-36%	-41%

Para más claridad, se han graficado los principales periodos e indicadores.

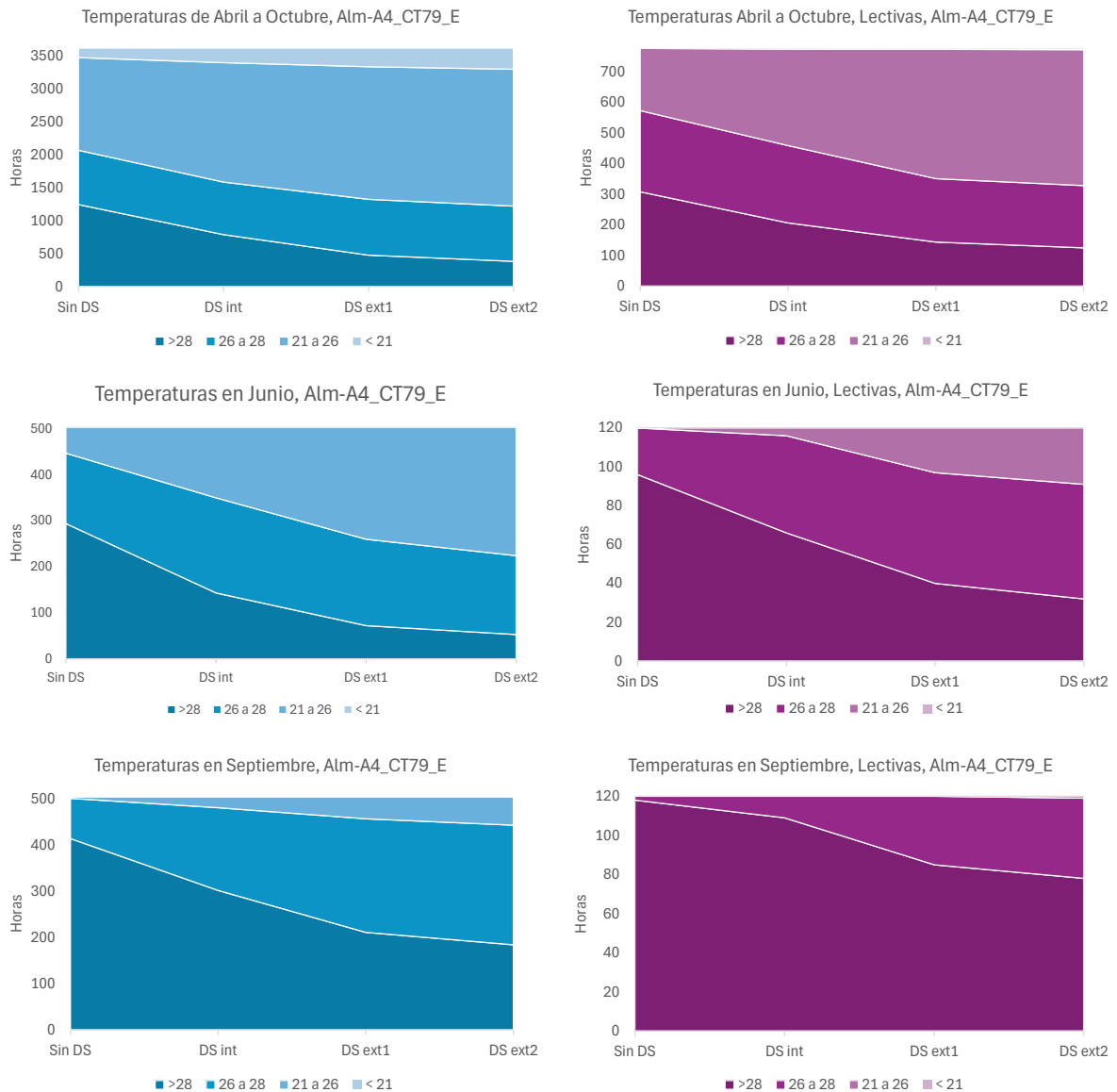


Figura 26. Análisis de temperaturas según DS, Almería-A4, edificio Existente al Este.

Las gráficas indican que los dispositivos de sombreado aportan mejoras consistentes en todos los periodos. En algunos el beneficio es más apreciable que en otros, esto está influenciado por una muestra mayor ya que los datos de abril a octubre incluyen los periodos de transición en primavera y otoño.

Así todo, las horas del tramo por encima de 26 y 28 °C son muy amplias y las gráficas anteriores no permiten valorar cuánto se superan esos límites. Para comprender la severidad del calentamiento en el aula analizada, se ha realizado un análisis anual en base a la metodología de Grados-Hora, la más adecuada para edificios terciarios.

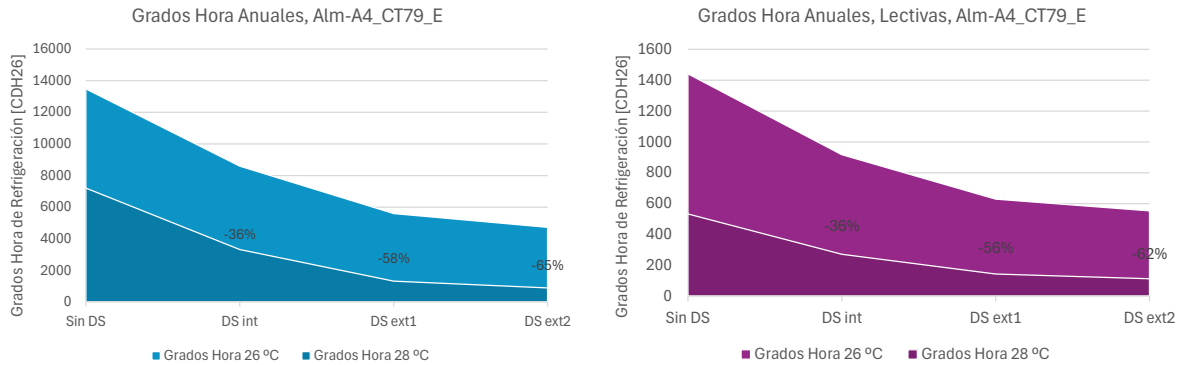


Figura 27. Análisis de sobrecalentamiento según la metodología GHR, con diferentes DS, Almería-A4, edif. Existente al Este.

Los resultados muestran que los DS producen mejoras generalizadas en todas las variables analizadas, con mejoras muy significativas. Además, la reducción de la potencia de refrigeración necesaria para conseguir mantener el confort puede aportar beneficios en forma de reducción de costes, ruidos, menos horas de funcionamiento, etc.

Los resultados según los indicadores principales son:

- **Mejora del 37 – 62 % en el sobrecalentamiento a 26 °C**, y de hasta el 49 - 73 % si se considera sobre 28 °C.
- **Baja entre 1,0 – 2,1 °C las temperaturas interiores en junio y septiembre**, el mes con temperaturas exteriores más elevadas durante el periodo escolar.
- **Reducción del 20 – 45 % en la demanda de refrigeración** y de 10 – 22 % en la potencia de los equipos de frío.

Tabla 23. Mejoras en Sobrecalentamiento, Ahorro Energético y Temperatura, Almería-A4, edif. Existente al Este.

	Reducción del sobrecalentamiento >26 °C (%, GHR 26, horas lectivas)	Reducción del sobrecalentamiento >28 °C (%, GHR 28, horas lectivas)	Ahorro en Refrigeración (%, Demanda Refrig.)	Reducción de la potencia de refrigeración (%, Potencia Refrig.)	Bajada de la Temperatura media ( $\Delta T_m$ , °C en junio y septiembre)	Bajada de la Temperatura máxima ( $\Delta T_{max}$ , °C, junio y sep)
DS int	37%	49%	20%	10%	-1,0	-1,2
DS ext1	57%	73%	40%	19%	-1,8	-1,9
DS ext2	62%	79%	45%	22%	-2,1	-2,1

### 5.3.2. Ejemplo 2: Barcelona – Ed. nuevo – Sur

Se presentan los resultados de otro caso, en el clima de Barcelona C2, con edificio nuevo y orientación sur. Esto permite completar las variables ya observadas en el ejemplo 1 anterior. Las tendencias generales con cada DS son similares.

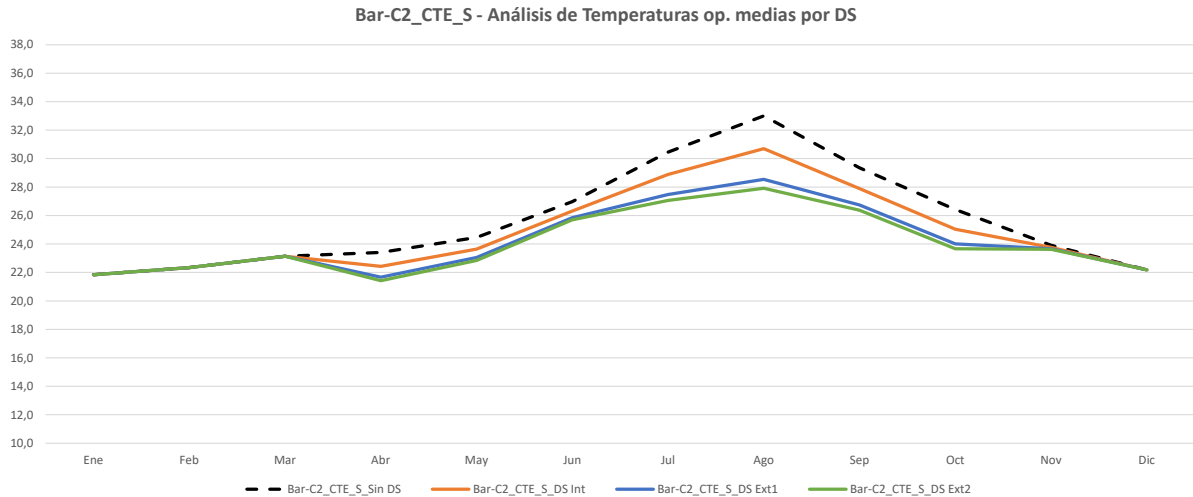


Figura 28. Evolución de la temperatura operativa interior media según DS, Barcelona – C2, edificio Nuevo al Sur

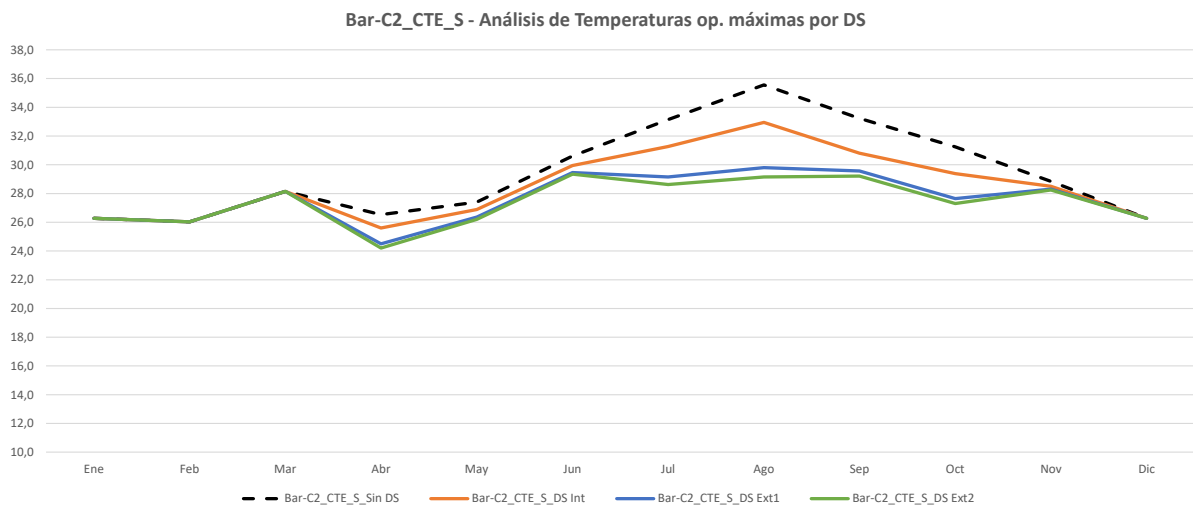


Figura 29. Evolución de la temperatura operativa interior máxima según DS, Barcelona – C2, edificio Nuevo al Sur

Las ganancias térmicas por ventanas son proporcionales a la capacidad de bloqueo solar de cada tipo de sombreado. En este caso, al ser orientación sur, se aprecia una menor incidencia solar en verano, debido a la mayor elevación del sol y la posición relativa de la fachada sur.

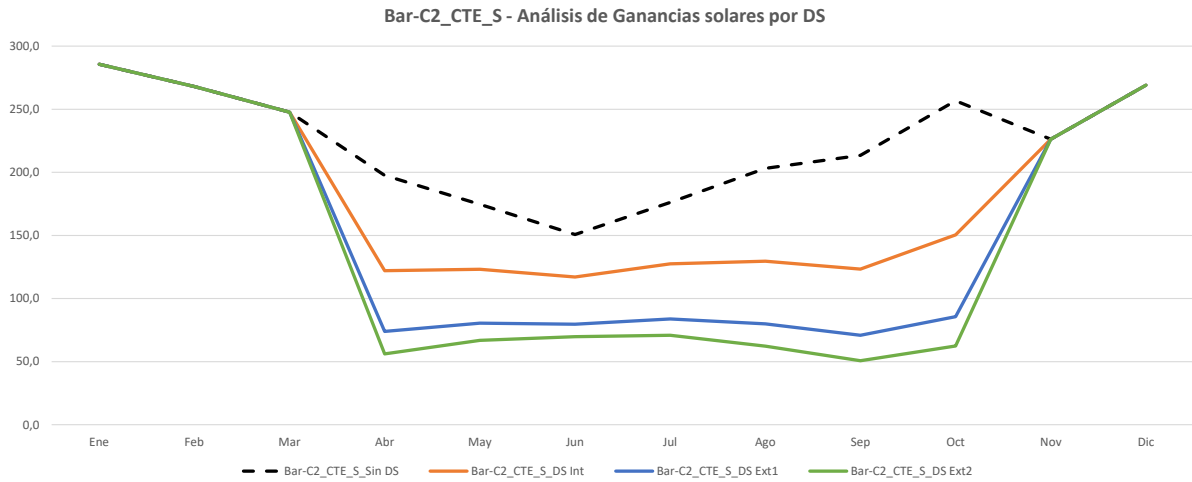


Figura 30. Evolución de las ganancias térmicas por ventanas, Barcelona – C2, edificio Nuevo al Sur

En relación con la necesidad de refrigeración, se aprecia el mismo patrón, pero hay un mayor peso de los meses de septiembre y octubre, frente a junio y mayo. Las demandas de refrigeración mensuales son menores al ejemplo 1 anterior, pero las potencias de diseño necesarias son algo mayores (con un pico máximo de 120 W/m<sup>2</sup> sin dispositivos de sombreado), como puede verse en las figuras siguientes.

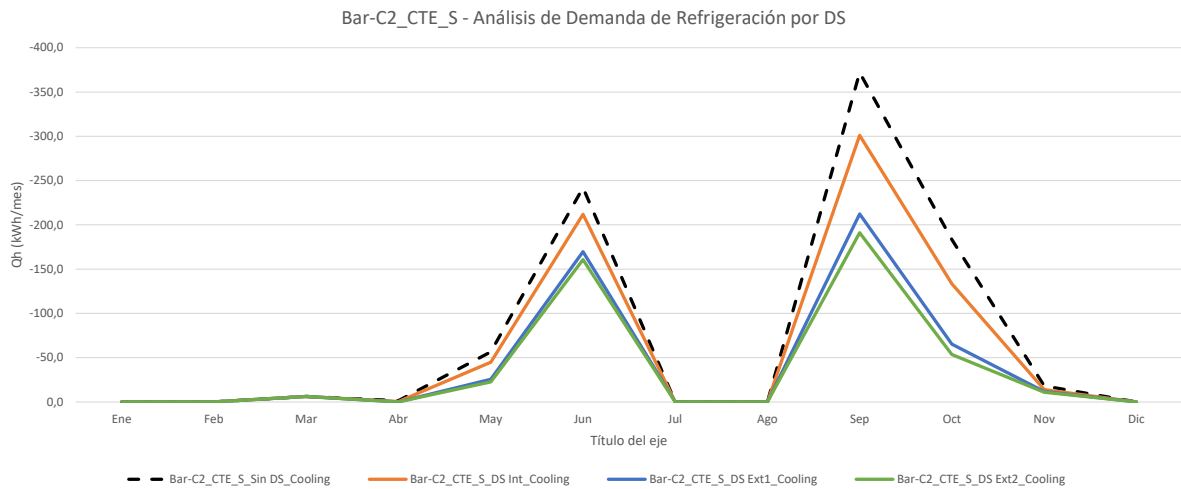


Figura 31. Evolución de la demanda de refrigeración, Barcelona – C2, edificio Nuevo al Sur

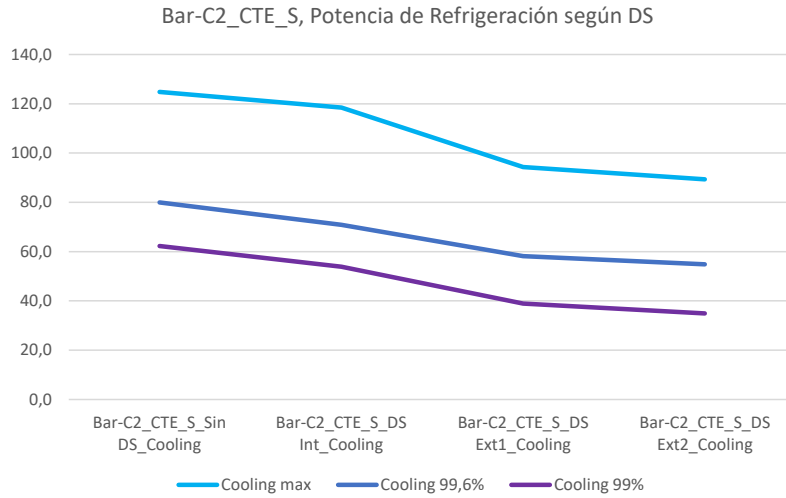


Figura 32. Análisis de la potencia de refrigeración según DS, Barcelona – C2, edificio Nuevo al Sur

Los días lectivos promedio de junio y septiembre presentan tendencias similares al ejemplo anterior.

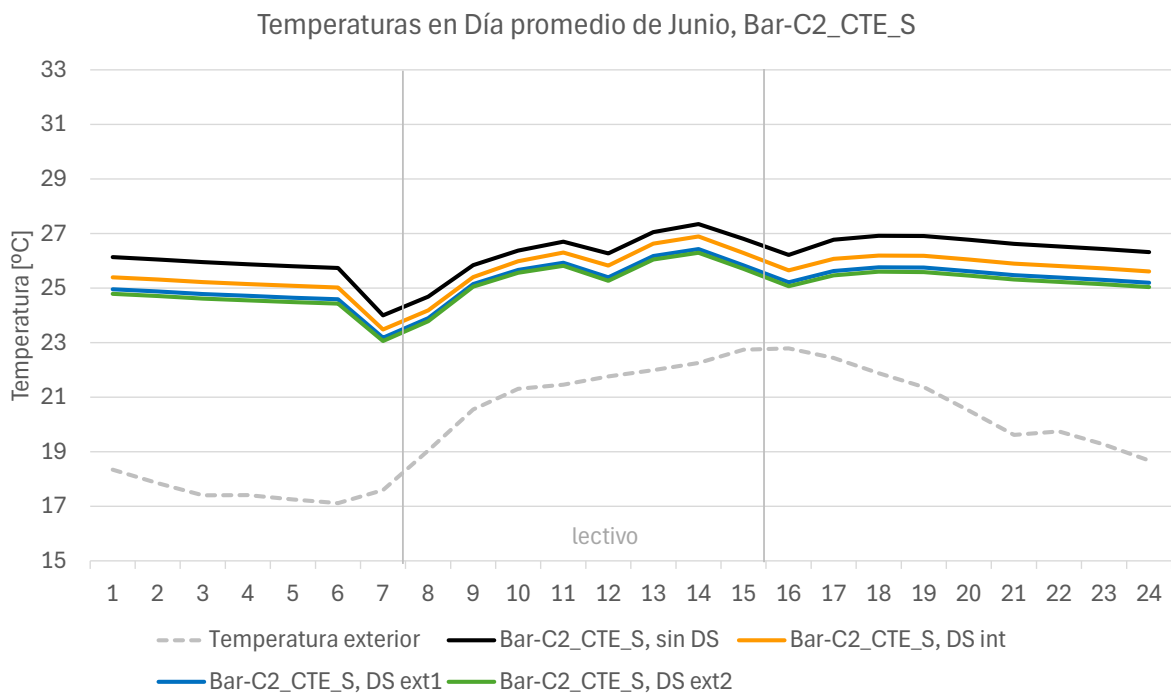


Figura 33. Detalle de temperaturas en día lectivo de junio, Barcelona – C2, edificio Nuevo al Sur

Temperaturas en Día promedio de Septiembre, Bar-C2\_CTE\_S

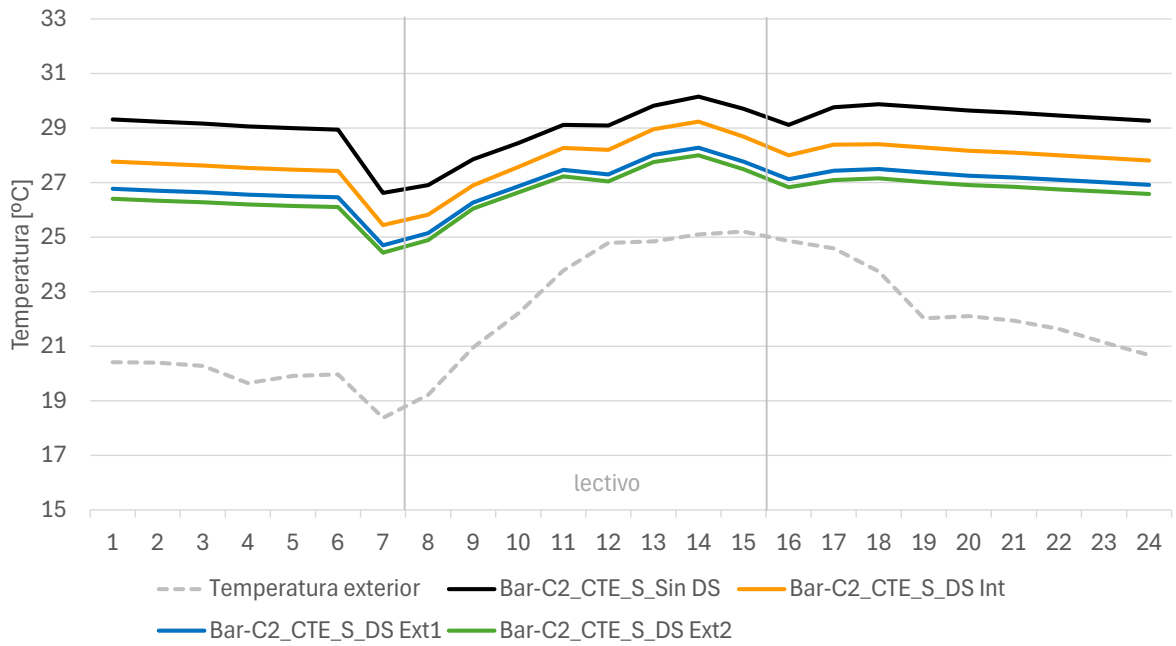


Figura 34. Detalle de temperaturas en día lectivo de septiembre, Barcelona – C2, edificio Nuevo al Sur

Temperaturas en Semana de Junio, Bar-C2\_CTE\_S

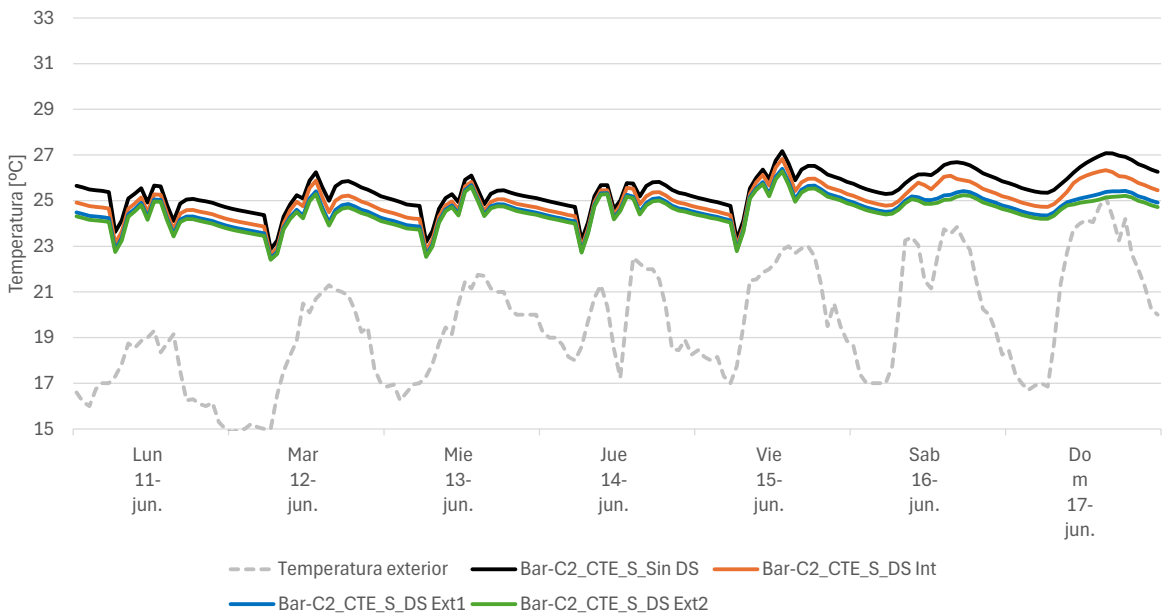


Figura 35. Temperaturas en una semana de junio, Barcelona – C2, edificio Nuevo al Sur

El análisis detallado se completa con análisis horarios de temperatura y sobrecalentamiento para los diferentes sombreados.

Tabla 24. Análisis horario de las temperaturas y sobrecalentamiento, Barcelona – C2, edificio Nuevo al Sur

Bar-C2_CTE_S	Aire exterior	Sin DS	DS int	DS ext1	DS ext2
<b>ANÁLISIS ANUAL DE TEMPERATURAS</b>					
<b>TEMPERATURAS</b>					
T op. Media	15,7	25,6	24,9	24,2	24,0
<b>Frecuencias</b>					
>28	115	2430	1799	981	613
26 a 28	399	953	1135	1493	1583
21 a 26	1695	4840	5250	5554	5726
< 21	6551	537	576	732	838
Total	8760	8760	8760	8760	8760
Reducción horas >28 °C			-26%	-60%	-75%
Reducción horas >26 °C			-13%	-27%	-35%
Grados Hora 28 °C		6959	3138	675	226
Mejora Grados-Hora 28			-55%	-90%	-97%
Grados Hora 26 °C		12676	7863	4049	3028
Mejora Grados-Hora 26			-38%	-68%	-76%
<b>ANÁLISIS ANUAL DE TEMPERATURAS EN HORARIO LECTIVO</b>					
<b>TEMPERATURAS</b>					
T op. Media	15,5	24,7	24,3	24,0	23,9
T op. Media	28,0	31,9	30,8	29,6	29,2
<b>Frecuencias</b>					
>28	4	153	95	36	27
26 a 28	17	263	236	218	198
21 a 26	292	1204	1289	1360	1387
< 21	1335	28	28	34	36
Total	1648	1648	1648	1648	1648
Reducción horas >28 °C			-38%	-76%	-82%
Reducción horas >26 °C			-20%	-39%	-46%
Grados Hora 28 °C		199	79	20	12
Mejora Grados-Hora 28			-60%	-90%	-94%
Grados Hora 26 °C		740	465	270	224
Mejora Grados-Hora 26			-37%	-64%	-70%
<b>ANÁLISIS DE TEMPERATURAS: 3 semanas de JUNIO</b>					
<b>TEMPERATURAS</b>					
T op. Media	20,0	26,3	25,7	25,2	25,0
<b>Frecuencias</b>					
>28	0	7	1	0	0
26 a 28	0	320	184	82	61
21 a 26	188	177	319	422	443
< 21	316	0	0	0	0
Total	504	504	504	504	504
Reducción horas >28 °C			-86%	-100%	-100%
Reducción horas >26 °C			-43%	-75%	-81%
Grados Hora 28 °C		1	0	0	0
Mejora Grados-Hora 28			-95%	-100%	-100%
Grados Hora 26 °C		297	104	39	29
Mejora Grados-Hora 26			-65%	-87%	-90%
<b>ANÁLISIS DE TEMPERATURAS EN HORARIO LECTIVO: 3 semanas de JUNIO</b>					
<b>TEMPERATURAS</b>					
T op. Media	21,9	26,6	26,1	25,7	25,6
T op. Media	24,9	28,5	28,1	27,6	27,5
<b>Frecuencias</b>					
>28	0	6	1	0	0
26 a 28	0	76	68	50	41
21 a 26	86	38	51	70	79
< 21	34	0	0	0	0
Total	120	120	120	120	120
Reducción horas >28 °C			-83%	-100%	-100%
Reducción horas >26 °C			-16%	-39%	-50%
Grados Hora 28 °C		3	0	0	0
Mejora Grados-Hora 28			-83%	-100%	-100%
Grados Hora 26 °C		109	67	37	30
Mejora Grados-Hora 26			-39%	-66%	-73%
<b>ANÁLISIS DE TEMPERATURAS: ABRIL-JUNIO Y SEPTIEMBRE OCTUBRE</b>					
<b>TEMPERATURAS</b>					
T op. Media	18,0	26,1	25,1	24,3	24,0
<b>Frecuencias</b>					
>28	6	929	489	130	95
26 a 28	84	836	864	810	644
21 a 26	894	1857	2230	2491	2590
< 21	2640	2	41	193	295
Total	3624	3624	3624	3624	3624
Reducción horas >28 °C			-47%	-86%	-90%
Reducción horas >26 °C			-23%	-47%	-58%
Grados Hora 28 °C		6953	3137	675	225
Mejora Grados-Hora 28			-55%	-90%	-97%
Grados Hora 26 °C		12575	7795	3995	2978
Mejora Grados-Hora 26			-38%	-68%	-76%
<b>ANÁLISIS DE TEMPERATURAS EN HORARIO LECTIVO: ABRIL-JUNIO Y SEPTIEMBRE OCTUBRE</b>					
<b>TEMPERATURAS</b>					
T op. Media	19,5	26,0	25,3	24,6	24,4
T op. Media	28,0	31,9	30,8	29,6	29,2
<b>Frecuencias</b>					
>28	4	146	91	34	25
26 a 28	17	208	187	170	153
21 a 26	292	421	497	565	589
< 21	463	1	1	7	9
Total	776	776	776	776	776
Reducción horas >28 °C			-38%	-77%	-83%
Reducción horas >26 °C			-21%	-42%	-50%
Grados Hora 28 °C		196	78	20	11
Mejora Grados-Hora 28			0%	-90%	-94%
Grados Hora 26 °C		689	424	234	189
Mejora Grados-Hora 26			0%	-38%	-66%
<b>TEMPERATURAS: 3 semanas de SEPTIEMBRE</b>					
<b>TEMPERATURAS</b>					
T op. Media	21,7	29,2	27,9	26,9	26,5
<b>Frecuencias</b>					
>28	4	416	256	51	27
26 a 28	33	79	220	355	332
21 a 26	265	9	28	98	145
< 21	202	0	0	0	0
Total	504	504	504	504	504
Reducción horas >28 °C			-38%	-88%	-94%
Reducción horas >26 °C			-4%	-18%	-27%
Grados Hora 28 °C		1050	279	23	12
Mejora Grados-Hora 28			-73%	-98%	-99%
Grados Hora 26 °C		2412	1387	617	411
Mejora Grados-Hora 26			-43%	-74%	-83%
<b>TEMPERATURAS EN HORARIO LECTIVO: 3 semanas de SEPTIEMBRE</b>					
<b>TEMPERATURAS</b>					
T op. Media	24,0	29,2	28,2	27,4	27,1
T op. Media	28,0	31,9	30,8	29,6	29,2
<b>Frecuencias</b>					
>28	4	99	73	34	25
26 a 28	17	20	42	73	76
21 a 26	84	1	5	13	19
< 17	15	0	0	0	0
Total	120	120	120	120	120
Reducción horas >28 °C			-26%	-66%	-75%
Reducción horas >26 °C			-3%	-10%	-15%
Grados Hora 28 °C		155	70	20	11
Mejora Grados-Hora 28			-55%	-87%	-93%
Grados Hora 26 °C		380	269	174	146
Mejora Grados-Hora 26			-29%	-54%	-62%

Para más claridad, se han graficado los principales periodos e indicadores.

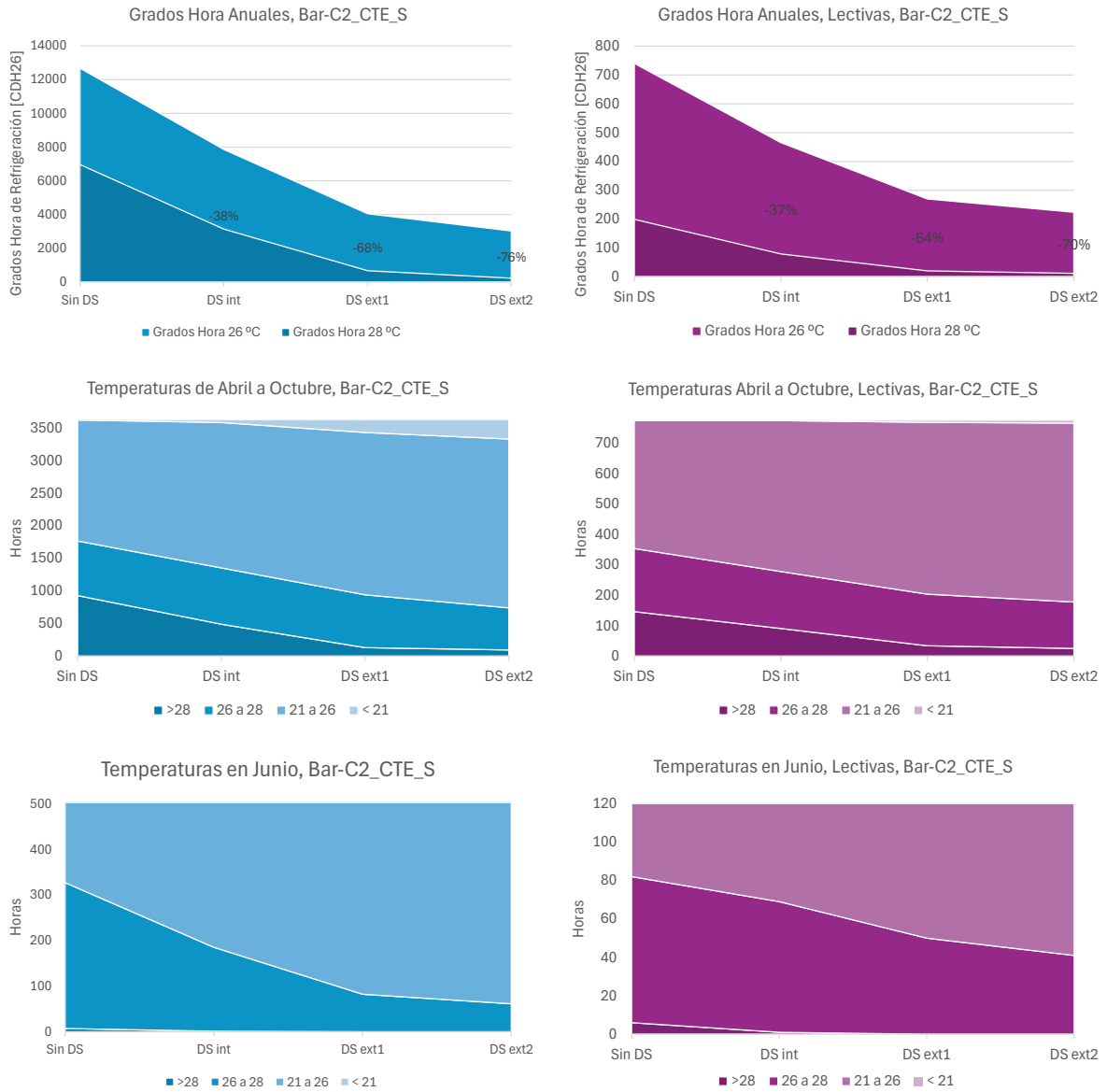


Figura 36. Análisis de temperaturas según DS, Barcelona – C2, edificio Nuevo al Sur

Como en el ejemplo anterior, las gráficas indican que los dispositivos de sombreado aportan mejoras consistentes en todos los periodos. A continuación, se grafica el análisis anual en base a la metodología de Grados·Hora.

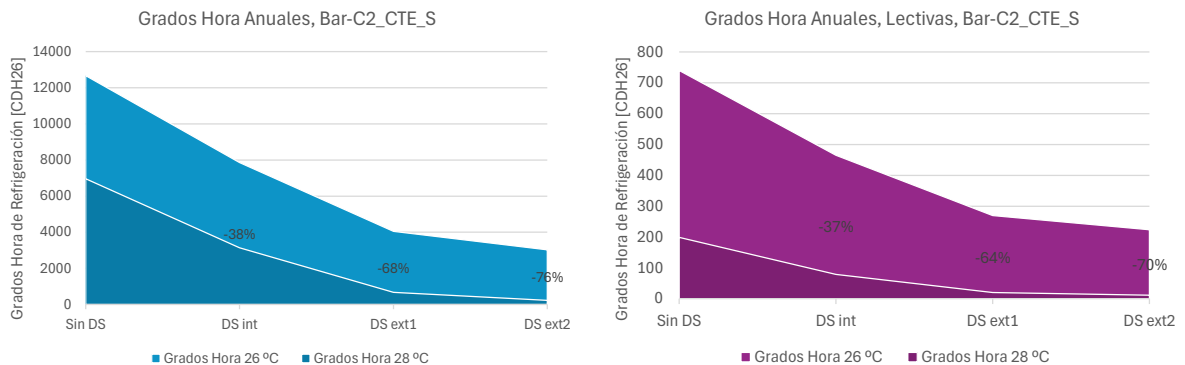


Figura 37. Análisis de sobrecalentamiento según la metodología GHR, con diferentes DS, Barcelona – C2, edificio Nuevo al Sur

Los resultados muestran que los DS producen mejoras generalizadas en todas las variables analizadas, con mejoras muy significativas. Además, la reducción de la potencia de refrigeración necesaria para conseguir mantener el confort puede aportar beneficios en forma de reducción de costes, ruidos, menos horas de funcionamiento, etc.

Los resultados según los indicadores principales son:

- **Mejora del 38 – 73 % en el sobrecalentamiento a 26 °C**, y de hasta el 60 - 94 % si se considera sobre 28 °C.
- **Baja entre 0,7 – 1,8 °C las temperaturas interiores en junio y septiembre**, el mes con temperaturas exteriores más elevadas durante el periodo escolar.
- **Reducción del 19 – 50 % en la demanda de refrigeración** y de 11 – 31 % en la potencia de los equipos de frío.

*Tabla 25. Mejoras en Sobrecalentamiento, Ahorro Energético y Temperatura, Barcelona – C2, edificio Nuevo al Sur*

	Reducción del sobrecalentamiento >26 °C (%, GHR 26, horas lectivas)	Reducción del sobrecalentamiento >28 °C (%, GHR 28, horas lectivas)	Ahorro en Refrigeración (%, Demanda Refrig.)	Reducción de la potencia de refrigeración (%, Potencia Refrig.)	Bajada de la Temperatura media ( $\Delta T_m$ , °C en junio y septiembre)	Bajada de la Temperatura máxima ( $\Delta T_{max}$ , °C, junio y sep)
<b>DS int</b>	38%	60%	19%	11%	-0,7	-0,7
<b>DS ext1</b>	66%	90%	45%	27%	-1,3	-1,6
<b>DS ext2</b>	73%	94%	50%	31%	-1,5	-1,8

## 6. CONCLUSIONES

**Ciente:** Asociación Española Sombreado Solar (AES-SO)

**Muestra:** Aula tipo de institutos de secundaria analizada en 64 casos con las siguientes variables: cuatro climas (Almería-A4, Barcelona-C2, Madrid-D3 y Bilbao-C1), dos edificios (existente NBE CT-79 y nuevo CTE DB-HE 2019) y dos orientaciones (sur y este). Se han analizado 4 niveles de protecciones solares dinámicas, partiendo de un caso base sin sombreados, al que se añaden protecciones solares interiores automáticas (estores claros), protecciones exteriores automáticas con eficacia media (persianas, toldos ligeros, screens) o de eficacia mayor (venecianas, lamas orientables, toldos opacos). La eficacia depende del color del tejido, la inclinación de las lamas, o el porcentaje de extensión del sombreado.

Se han observado que los sombreados aportan MEJORAS SIGNIFICATIVAS EN TODOS LOS CASOS ANALIZADOS, tanto con sombreados interiores como exteriores para los 4 climas, edificios nuevos y existentes, así como orientaciones Este y Sur.

- REDUCCIÓN DEL SOBRECALENTAMIENTO, una media del 73% en los grados·hora a 26 y 28 °C. En climas templados o frescos la reducción entre 70-90% y en calurosos entre 50-80%, según los casos y sombreados analizados.
- AHORRO CERCANO A LA MITAD DE LA REFRIGERACIÓN, con una reducción media del 43% de la demanda y 35% de la potencia de refrigeración. Los ahorros oscilan entre 14-70%, según los casos y sombreados analizados.
- BAJADA DE LAS TEMPERATURAS, unos 1,5 °C de media en verano sin aire acondicionado. Aportan mayor adaptabilidad a las temperaturas altas, que bajan entre 1-4 °C, según los casos y sombreados analizados.

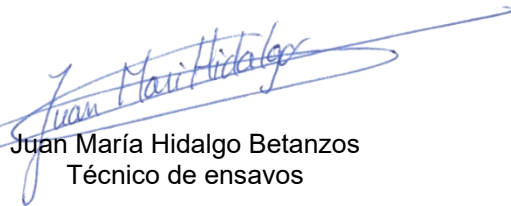
Estas prestaciones de los dispositivos de control solar dinámico, junto con un uso adecuado de los espacios y la ventilación mecánica o natural, mejoran el confort interior notablemente y reducen el riesgo de sobrecalentamiento en periodos cálidos.

	Reducción del sobrecalentamiento >26 °C (%, GHR 26, horas lectivas)	Reducción del sobrecalentamiento >28 °C (%, GHR 28, horas lectivas)	Ahorro en Refrigeración (%, Demanda Refrig.)	Reducción de la potencia de refrigeración (%, Potencia Refrig.)	Bajada de la Temperatura media (ΔTm, °C en junio y septiembre)	Bajada de la Temperatura máxima (ΔTmax, °C, junio y sep)
<b>Análisis por zona climática</b>						
Almería - A4	50%	67%	35%	20%	-1,4	-1,4
Barcelona - C2	58%	83%	38%	26%	-1,2	-1,4
Madrid - D3	72%	88%	49%	42%	-1,8	-2,0
Bilbao - C1	71%	96%	47%	51%	-1,1	-1,2
<b>Análisis por Edificio</b>						
CTE 2019	61%	81%	44%	32%	-1,4	-1,5
NBE CT-79	64%	86%	41%	38%	-1,3	-1,5
<b>Análisis por Orientación</b>						
Sur	62%	82%	40%	34%	-1,2	-1,3
Este	64%	84%	45%	36%	-1,6	-1,7
<b>Análisis por Dispositivo de Sombreado</b>						
DS Int	45%	69%	23%	18%	-0,8	-1,0
DS Ext1	69%	89%	50%	41%	-1,5	-1,7
DS Ext2	74%	92%	55%	46%	-1,7	-1,9

En Vitoria-Gasteiz, a 4 de mayo de 2026.



Iván Flores  
Director Técnico

Juan María Hidalgo Betanzos  
Técnico de ensayos

El Laboratorio de Control de Calidad de la Edificación de la Dirección de Vivienda, Suelo y Arquitectura del Gobierno Vasco autoriza la transcripción y/o publicación de este documento, siempre que se reflejen fielmente los resultados obtenidos en el presente informe.

## ANEXO

Tabla A-1: Temperaturas medias, máximas y % horas lectivas >26 °C.

Clima	Edif.	Orien.	Disp. de Somb.	Temperatura operativa media			Temperatura operativa máxima			Porcentaje de horas lectivas >26 °C (%)		
				Ab-Oc	Jun	Sep	Ab-Oc	Jun	Sep	Ab-Oc	Jun	Sep
Almería - A4	CTE 2019	Sur	Sin DS	27,0	27,2	30,3	32,8	29,8	32,8	62%	79%	100%
			DS Int	26,2	26,9	29,4	31,8	29,4	31,8	53%	68%	100%
			DS Ext1	25,6	26,6	28,5	30,8	29,0	30,8	44%	63%	99%
			DS Ext2	25,4	26,5	28,3	30,5	29,0	30,5	42%	63%	98%
		Este	Sin DS	27,5	29,3	30,2	32,0	31,8	32,0	73%	100%	100%
			DS Int	26,5	28,0	29,3	31,3	30,4	31,3	58%	93%	100%
			DS Ext1	25,7	27,0	28,5	30,7	29,4	30,7	49%	73%	99%
			DS Ext2	25,5	26,7	28,3	30,5	29,1	30,5	47%	64%	99%
	NBE CT-79	Sur	Sin DS	26,9	27,2	30,4	32,7	29,7	32,7	60%	81%	100%
			DS Int	26,2	26,9	29,5	31,7	29,4	31,7	50%	74%	100%
			DS Ext1	25,7	26,7	28,8	30,8	29,1	30,8	40%	67%	100%
			DS Ext2	25,5	26,6	28,5	30,5	29,0	30,5	39%	66%	99%
		Este	Sin DS	27,4	29,4	30,2	32,1	32,0	32,1	74%	100%	100%
			DS Int	26,5	28,2	29,3	31,1	30,5	31,1	61%	97%	100%
			DS Ext1	25,8	27,3	28,7	30,6	29,7	30,6	53%	81%	100%
			DS Ext2	25,6	27,0	28,4	30,4	29,4	30,4	50%	76%	99%
Barcelona - C2	CTE 2019	Sur	Sin DS	26,0	26,6	29,2	31,9	28,5	31,9	46%	68%	99%
			DS Int	25,3	26,1	28,2	30,8	28,1	30,8	39%	58%	96%
			DS Ext1	24,6	25,7	27,4	29,6	27,6	29,6	31%	42%	89%
			DS Ext2	24,4	25,6	27,1	29,2	27,5	29,2	30%	34%	84%
		Este	Sin DS	26,0	27,6	28,6	30,5	29,7	30,5	48%	81%	100%
			DS Int	25,2	26,7	27,9	29,8	28,5	29,8	35%	73%	98%
			DS Ext1	24,6	25,9	27,3	29,2	27,8	29,2	30%	51%	89%
			DS Ext2	24,4	25,7	27,1	29,0	27,6	29,0	28%	40%	85%
	NBE CT-79	Sur	Sin DS	25,5	26,4	28,9	31,5	28,5	31,5	42%	64%	98%
			DS Int	24,9	26,0	28,1	30,4	28,1	30,4	35%	55%	94%
			DS Ext1	24,3	25,7	27,4	29,4	27,7	29,4	29%	42%	88%
			DS Ext2	24,2	25,6	27,2	29,1	27,6	29,1	28%	37%	84%
		Este	Sin DS	25,5	27,4	28,3	30,2	29,9	30,1	43%	77%	98%
			DS Int	24,8	26,6	27,7	29,3	28,6	29,3	32%	69%	93%
			DS Ext1	24,3	25,9	27,2	28,9	28,0	28,9	27%	55%	85%
			DS Ext2	24,1	25,7	27,1	28,8	27,8	28,8	26%	43%	83%
Madrid - D3	CTE 2019	Sur	Sin DS	24,5	26,2	28,6	31,8	31,4	31,8	28%	49%	94%
			DS Int	23,7	25,6	27,2	30,7	30,7	30,5	23%	38%	71%
			DS Ext1	22,9	25,0	25,8	29,9	29,9	29,1	18%	33%	47%
			DS Ext2	22,7	24,9	25,4	29,7	29,7	28,7	17%	29%	35%
		Este	Sin DS	24,8	28,0	28,1	33,2	33,2	31,4	33%	73%	89%
			DS Int	23,8	26,6	26,8	31,5	31,5	30,0	26%	53%	68%
			DS Ext1	22,9	25,3	25,7	30,2	30,2	28,9	21%	36%	43%
			DS Ext2	22,7	24,9	25,4	29,8	29,8	28,6	20%	32%	34%
	NBE CT-79	Sur	Sin DS	22,6	24,1	26,3	29,7	29,2	29,7	13%	17%	57%
			DS Int	21,9	23,5	25,2	28,5	28,5	28,5	10%	13%	32%
			DS Ext1	21,4	23,1	24,2	27,9	27,9	27,3	10%	12%	6%
			DS Ext2	21,2	23,0	23,8	27,7	27,7	27,0	10%	11%	3%
		Este	Sin DS	22,9	25,9	26,0	31,0	31,0	29,2	16%	42%	51%
			DS Int	22,0	24,5	24,9	29,3	29,3	27,9	13%	22%	20%
			DS Ext1	21,4	23,5	24,0	28,3	28,3	27,1	12%	14%	5%
			DS Ext2	21,2	23,1	23,7	27,9	27,9	26,8	12%	12%	3%
Bilbao - C1	CTE 2019	Sur	Sin DS	24,1	24,2	26,8	29,6	26,8	29,6	16%	7%	71%
			DS Int	23,5	23,8	26,0	28,6	26,4	28,6	13%	3%	52%
			DS Ext1	23,1	23,5	25,3	28,0	25,9	28,0	12%	0%	30%
			DS Ext2	22,9	23,4	25,1	27,8	25,8	27,8	12%	0%	26%
		Este	Sin DS	24,0	25,3	26,3	28,9	27,7	28,9	15%	27%	61%
			DS Int	23,5	24,3	25,7	28,3	26,6	28,3	14%	5%	42%
			DS Ext1	23,1	23,6	25,3	28,0	26,0	28,0	14%	0%	29%
			DS Ext2	22,9	23,4	25,1	27,8	25,8	27,8	14%	0%	27%
	NBE CT-79	Sur	Sin DS	23,5	23,9	26,6	29,3	26,5	29,3	16%	4%	71%
			DS Int	23,0	23,5	25,9	28,3	26,0	28,3	13%	1%	48%
			DS Ext1	22,7	23,2	25,3	27,8	25,6	27,8	13%	0%	31%
			DS Ext2	22,5	23,2	25,2	27,6	25,5	27,6	13%	0%	27%
		Este	Sin DS	23,5	25,0	26,1	28,6	28,1	28,6	13%	23%	53%
			DS Int	23,0	24,1	25,6	28,0	26,6	28,0	12%	4%	37%
			DS Ext1	22,6	23,5	25,2	27,7	25,8	27,7	12%	0%	27%
			DS Ext2	22,5	23,3	25,1	27,5	25,6	27,5	12%	0%	25%

Tabla A-2: Sobrecaalentamientos a 26 y 28 °C, Demandas de energía y Potencias

Clima	Edif.	Orien.	Disp. de Somb.	Sobrecaalentamiento >26 (GHR 26)			Sobrecaalentamiento >28 (GHR 28)			Dem. Calef. (kWh/m2)	Demanda de Refrigeración (kWh/m2)			Pot. Ref. (W/m2)
				Ab-Oc	Jun	Sep	Ab-Oc	Jun	Sep		Anual	Abril-Oct	Jun	
Almería - A4	CTE 2019	Sur	Sin DS	1194	186	516	469	45	277	1,3	18,4	3,8	8,5	84,4
			DS Int	819	153	403	255	32	175	1,6	15,0	3,5	7,1	75,7
			DS Ext1	543	126	304	124	21	97	1,8	10,6	3,0	5,4	60,5
			DS Ext2	476	120	274	100	19	79	2,0	9,8	2,9	4,9	57,2
		Este	Sin DS	1417	436	500	524	194	260	3,7	22,4	7,5	8,9	84,5
			DS Int	870	273	392	257	84	158	4,1	16,9	5,7	7,4	72,3
			DS Ext1	562	164	303	132	34	94	4,5	11,3	3,6	5,5	61,1
			DS Ext2	485	135	275	104	24	78	4,7	10,0	3,1	5,0	57,8
	NBE CT-79	Sur	Sin DS	1225	187	524	493	38	285	3,1	19,0	4,3	7,9	76,5
			DS Int	873	156	420	272	26	186	3,3	16,4	4,0	7,0	72,4
			DS Ext1	605	132	330	134	17	110	3,5	12,9	3,7	5,8	60,6
			DS Ext2	541	126	305	109	15	91	3,6	12,2	3,6	5,5	59,4
		Este	Sin DS	1431	451	499	532	206	260	6,7	22,3	7,3	8,0	77,0
			DS Int	907	294	397	272	93	162	7,1	17,9	5,8	6,9	69,3
			DS Ext1	619	190	318	143	39	100	7,4	13,4	4,3	5,7	62,3
			DS Ext2	543	161	294	112	26	84	7,5	12,4	4,0	5,4	60,0
Barcelona - C2	CTE 2019	Sur	Sin DS	689	109	380	196	3	155	4,5	16,2	4,6	7,1	80,0
			DS Int	424	67	269	78	0	70	5,1	13,1	4,0	5,7	70,9
			DS Ext1	234	37	174	20	0	20	5,6	9,0	3,2	4,0	58,1
			DS Ext2	189	30	146	11	0	11	5,8	8,1	3,1	3,6	54,9
		Este	Sin DS	687	234	310	145	52	90	9,6	17,1	6,7	6,4	78,8
			DS Int	405	128	226	43	6	37	10,0	13,6	5,4	5,3	70,6
			DS Ext1	229	52	161	14	0	13	10,6	9,1	3,6	3,9	57,1
			DS Ext2	188	35	142	9	0	9	10,8	8,2	3,2	3,6	53,6
	NBE CT-79	Sur	Sin DS	616	99	350	169	3	134	10,5	8,3	2,5	4,4	63,8
			DS Int	394	63	253	68	1	61	11,0	6,9	2,3	3,6	55,5
			DS Ext1	240	39	177	21	0	21	11,4	4,8	1,8	2,5	42,9
			DS Ext2	203	33	155	13	0	13	11,5	4,4	1,8	2,3	41,2
		Este	Sin DS	621	222	277	124	48	70	16,9	8,9	4,2	3,7	64,4
			DS Int	378	128	204	36	8	28	17,4	7,0	3,3	3,1	54,5
			DS Ext1	232	63	154	12	1	11	17,8	4,8	2,1	2,3	42,7
			DS Ext2	196	47	139	8	1	8	18,0	4,4	1,9	2,2	40,1
Madrid - D3	CTE 2019	Sur	Sin DS	492	161	311	181	60	121	20,5	7,8	2,5	4,6	52,4
			DS Int	293	119	170	79	36	43	22,4	6,0	2,1	3,4	43,8
			DS Ext1	153	86	66	24	20	4	24,3	3,7	1,6	2,0	31,1
			DS Ext2	123	77	45	18	16	2	25,0	3,3	1,5	1,7	28,4
		Este	Sin DS	624	312	261	249	158	89	26,5	10,1	4,4	4,8	65,6
			DS Int	331	185	138	97	74	23	28,2	7,1	3,1	3,5	49,5
			DS Ext1	165	105	58	32	29	3	30,6	4,0	1,8	2,0	32,8
			DS Ext2	125	84	41	20	19	1	31,4	3,4	1,5	1,7	28,8
	NBE CT-79	Sur	Sin DS	135	39	96	13	3	10	39,2	3,4	1,0	2,3	34,6
			DS Int	55	24	30	1	1	1	41,2	2,6	0,8	1,8	28,2
			DS Ext1	18	14	4	0	0	0	42,6	1,6	0,5	1,0	17,2
			DS Ext2	13	11	2	0	0	0	43,2	1,4	0,5	0,9	14,4
		Este	Sin DS	192	122	67	40	36	4	45,3	4,8	2,2	2,4	44,1
			DS Int	66	51	15	4	4	0	47,4	3,2	1,4	1,7	32,7
			DS Ext1	25	23	3	0	0	0	49,2	1,7	0,7	1,0	20,1
			DS Ext2	16	15	1	0	0	0	49,9	1,4	0,6	0,9	15,8
Bilbao - C1	CTE 2019	Sur	Sin DS	173	6	134	24	0	22	11,9	3,4	0,5	2,0	29,5
			DS Int	88	2	72	4	0	4	13,1	2,6	0,5	1,4	22,2
			DS Ext1	34	0	32	0	0	0	14,1	1,4	0,3	0,8	14,6
			DS Ext2	25	0	25	0	0	0	14,4	1,2	0,3	0,7	13,2
		Este	Sin DS	114	28	82	4	0	4	15,5	3,1	1,1	1,5	24,7
			DS Int	52	5	45	1	0	1	16,5	2,1	0,6	1,1	18,3
			DS Ext1	30	1	29	0	0	0	17,7	1,3	0,4	0,7	14,2
			DS Ext2	25	0	25	0	0	0	18,0	1,2	0,3	0,7	13,2
	NBE CT-79	Sur	Sin DS	143	2	113	14	0	13	19,4	0,9	0,1	0,7	9,3
			DS Int	65	0	57	1	0	1	20,3	0,8	0,1	0,6	7,5
			DS Ext1	28	0	28	0	0	0	20,8	0,4	0,0	0,3	2,1
			DS Ext2	22	0	22	0	0	0	21,0	0,3	0,0	0,3	1,3
		Este	Sin DS	90	26	62	2	0	2	23,9	0,7	0,2	0,5	7,4
			DS Int	37	3	34	0	0	0	24,6	0,5	0,1	0,4	4,7
			DS Ext1	22	0	22	0	0	0	25,2	0,4	0,1	0,3	2,2
			DS Ext2	19	0	19	0	0	0	25,4	0,3	0,0	0,3	1,4

Tabla A-3: Mejoras en Sobrecaentamiento, Ahorro Energético y Temperaturas

Clima	Edif.	Orien.	DS	Reducción del Sobrecaentam. >26 (%, Grados-Hora 26 °C horas lectivas)	Reducción del sobrecaentam. >28 (%, GHR 28, horas lectivas)	Ahorro en Refrigeración (%, Demanda Refrig.)	Reducción de Pot. Refrig. (%, Potencia Refrig.)	Bajada de la Temp. media (ΔTm, °C en junio y septiembre)	Bajada de la Temp. máxima (ΔTmax, °C, junio y sep)	
Almería - A4	CTE 2019	Sur	Sin DS							
			DS Int	31%	46%	19%	10%	-0,6	-0,7	
			DS Ext1	55%	74%	42%	28%	-1,2	-1,3	
			DS Ext2	60%	79%	47%	32%	-1,4	-1,5	
		Este	Sin DS							
			DS Int	39%	51%	25%	14%	-1,1	-1,1	
			DS Ext1	60%	75%	50%	28%	-2,0	-1,9	
			DS Ext2	66%	80%	55%	32%	-2,3	-2,1	
	NBE CT-79	Sur	Sin DS							
			DS Int	29%	45%	14%	5%	-0,6	-0,7	
			DS Ext1	51%	73%	32%	21%	-1,1	-1,3	
			DS Ext2	56%	78%	36%	22%	-1,2	-1,4	
		Este	Sin DS							
			DS Int	37%	49%	20%	10%	-1,0	-1,2	
			DS Ext1	57%	73%	40%	19%	-1,8	-1,9	
			DS Ext2	62%	79%	45%	22%	-2,1	-2,1	
Barcelona - C2	CTE 2019	Sur	Sin DS							
			DS Int	38%	60%	19%	11%	-0,7	-0,7	
			DS Ext1	66%	90%	45%	27%	-1,3	-1,6	
			DS Ext2	73%	94%	50%	31%	-1,5	-1,8	
		Este	Sin DS							
			DS Int	41%	70%	21%	10%	-0,8	-1,0	
			DS Ext1	67%	91%	47%	28%	-1,5	-1,6	
			DS Ext2	73%	94%	52%	32%	-1,7	-1,8	
	NBE CT-79	Sur	Sin DS							
			DS Int	36%	60%	17%	13%	-0,6	-0,8	
			DS Ext1	61%	88%	43%	33%	-1,1	-1,5	
			DS Ext2	67%	92%	47%	35%	-1,3	-1,7	
		Este	Sin DS							
			DS Int	39%	71%	21%	15%	-0,7	-1,0	
			DS Ext1	63%	90%	46%	34%	-1,3	-1,5	
			DS Ext2	68%	93%	51%	38%	-1,5	-1,7	
Madrid - D3	CTE 2019	Sur	Sin DS							
			DS Int	40%	57%	23%	16%	-1,0	-1,0	
			DS Ext1	69%	87%	52%	41%	-2,0	-2,1	
			DS Ext2	75%	90%	58%	46%	-2,2	-2,4	
		Este	Sin DS							
			DS Int	47%	61%	29%	25%	-1,3	-1,5	
			DS Ext1	74%	87%	60%	50%	-2,5	-2,7	
			DS Ext2	80%	92%	66%	56%	-2,9	-3,1	
	NBE CT-79	Sur	Sin DS							
			DS Int	60%	91%	22%	19%	-0,9	-1,0	
			DS Ext1	87%	100%	53%	50%	-1,6	-1,8	
			DS Ext2	90%	100%	60%	58%	-1,8	-2,1	
		Este	Sin DS							
			DS Int	65%	90%	34%	26%	-1,2	-1,4	
			DS Ext1	87%	99%	63%	54%	-2,1	-2,4	
			DS Ext2	92%	100%	70%	64%	-2,5	-2,7	
Bilbao - C1	CTE 2019	Sur	Sin DS							
			DS Int	49%	85%	25%	25%	-0,6	-0,7	
			DS Ext1	81%	100%	60%	50%	-1,1	-1,2	
			DS Ext2	86%	100%	64%	55%	-1,3	-1,4	
		Este	Sin DS							
			DS Int	54%	82%	33%	26%	-0,8	-0,8	
			DS Ext1	73%	100%	57%	43%	-1,4	-1,3	
			DS Ext2	78%	100%	61%	47%	-1,6	-1,5	
	NBE CT-79	Sur	Sin DS							
			DS Int	55%	91%	18%	20%	-0,5	-0,7	
			DS Ext1	80%	100%	58%	77%	-1,0	-1,2	
			DS Ext2	85%	100%	63%	86%	-1,1	-1,4	
		Este	Sin DS							
			DS Int	59%	99%	30%	36%	-0,7	-1,1	
			DS Ext1	75%	100%	47%	71%	-1,2	-1,6	
			DS Ext2	79%	100%	52%	81%	-1,4	-1,8	