



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

Estudio del impacto del cambio climático sobre la
certificación energética española de dos edificios;
residencial y terciario tipo (en Valencia; una unifamiliar y
una planta de oficinas).

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Ingeniería Industrial

AUTOR/A: Bedoya Vélez, Sebastián

Tutor/a: Soto Francés, Víctor Manuel

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024

RESUMEN

El objetivo del presente documento es el análisis del impacto que tiene el cambio climático experimentado durante las últimas décadas sobre el modelo español de certificación energética de edificios, teniendo en cuenta datos climatológicos actualizados. Ya que, los modelos de cálculo empleados en las certificaciones energéticas de edificios no contemplan una base de datos reciente. Además, dicha información se está usando para el sistema CAEs (certificados de Ahorro Energético) que ya no es sólo informativo, sino que tiene implicaciones económicas importantes.

Para poder llevar a cabo dicho estudio, se seleccionan dos tipologías de edificios, un terciario y un edificio residencial, sobre los que se realiza un pre-diseño de las instalaciones que afectan a la calificación energética de estos, con el objetivo de realizar una certificación mediante el software CERMA con los modelos actuales.

Posteriormente, se modifican dichos modelos conforme al actual CTE-HE y se usarán de datos climatológicos históricos (ERA5 del sistema de satélites europeo Copernicus) y se modificará CERMA para realizar una segunda certificación.

Se verificará mediante un estudio comparativo el impacto que tiene el cambio climático en la certificación energética para los mismos edificios.

El impacto se medirá por: cambios en cuanto a la calificación energética obtenida en cada uno de los casos, la variación en aspectos tales como las demandas y consumos energéticos o el confort de los ocupantes.

Es importante valorar el impacto pues estos resultados pueden arrojar nueva luz sobre el diseño de eficiencia energética en edificios y el uso racional de las CAEs.

Finalmente se hará una valoración económica del estudio.

Palabras Clave: cambio climático, certificación energética de edificios, eficiencia energética, CERMA

RESUM

L'objectiu del present document és l'anàlisi de l'impacte que té el canvi climàtic experimentat durant les últimes dècades sobre el model espanyol de certificació energètica d'edificis, tenint en compte dades climatològiques actualitzades. Ja que, els models de càlcul emprats en les certificacions energètiques d'edificis no contempen una base de dades recent. A més, aquesta informació s'està usant per al sistema CAEs (certificats d'Estalvi Energètic) que ja no és només informatiu, sinó que té implicacions econòmiques importants.

Per a poder dur a terme aquest estudi, se seleccionen dues tipologies d'edificis, un terciari i un edifici residencial, sobre els quals es realitza un pre-disseny de les instal·lacions que afecten la qualificació energètica d'aquests, amb l'objectiu de realitzar una certificació mitjançant el programari CERMA amb els models actuals.

Posteriorment, es modifiquen aquests models conforme a l'actual CTE-HE i s'usaran de dades climatològiques històriques (ERA5 del sistema de satèl·lits Europeu Copernicus) i es modificarà CERMA per a realitzar una segona certificació.

Es verificarà mitjançant un estudi comparatiu l'impacte que té el canvi climàtic en la certificació energètica per als mateixos edificis.

L'impacte es mesurarà per: canvis quant a la qualificació energètica obtinguda en cadascun dels casos, la variació en aspectes com ara les demandes i consums energètics o el confort dels ocupants.

És important valorar l'impacte perquè aquests resultats poden llançar nova llum sobre el disseny d'eficiència energètica en edificis i l'ús racional dels CAEs.

Finalment es farà una valoració econòmica de l'estudi.

Paraules clau: canvi climàtic, certificació energètica d'edificis, eficiència energètica, CERMA

ABSTRACT

The objective of this document is to analyze the impact that the climate change experienced in recent decades has on the Spanish model for energy certification of buildings, taking into account updated climatological data. Since the calculation models used in building energy certifications do not consider a recent database, this information is being used for the CAEs system (Energy Savings Certificates), which is no longer just informative but has important economic implications.

To carry out this study, two types of buildings are selected, a tertiary building and a residential building, on which a pre-design of the facilities that affect their energy rating is carried out to carry out certification. using CERMA software with current models.

Subsequently, these models are modified in accordance with the current CTE-HE, and historical climatological data will be used (ERA5 from the European Copernicus satellite system), and CERMA will be modified to carry out a second certification.

The impact that climate change has on the energy certification for the same buildings will be verified through a comparative study.

The impact will be measured by changes in the energy rating obtained in each case and the variation in aspects such as energy demands and consumption or occupant comfort.

It is essential to assess the impact because these results can shed new light on the design of energy efficiency in buildings and the rational use of CAEs.

Finally, an economic evaluation of the study will be made.

Keywords: climate change, energy certification of buildings, energy efficiency, CERMA

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	6
1.1. Planteamiento de la problemática	6
1.2. Justificación del estudio	6
1.3. Objetivo general.....	7
1.3.1. Objetivos específicos	7
2. MODELADO Y PREDISEÑO	8
2.1. Modelización del edificio residencial	11
2.1.1. Cálculo de cargas/demandas energéticas	14
2.1.2. Prediseño de las instalaciones.....	22
2.1.3. Resultados obtenidos.....	24
2.2. Modelización del edificio terciario	29
2.2.1. Cálculo de cargas/demandas energéticas.....	33
2.2.2. Prediseño de las instalaciones.....	41
2.2.3. Resultados obtenidos.....	44
3. CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA	49
3.1. Calificación energética estándar de los edificios base	49
3.1.1. Edificio residencial	49
3.1.1. Edificio terciario.....	55
3.2. Mejoras en los edificios para cumplimiento CTE	61
3.2.1. Edificio residencial CTE.....	63
3.2.2. Edificio terciario CTE	67
3.3. Calificación energética modificada de los edificios con cumplimiento CTE	71
4. ESTUDIO DE LOS RESULTADOS.....	76
4.1. Estudio de los cambios en la calificación energética obtenida.....	76
4.1.1. Análisis de la variación de la demanda energética de los edificios	80
4.1.2. Análisis del confort de los ocupantes	87
5. CONCLUSIONES Y VALORACIÓN DEL POSIBLE IMPACTO DEL ESTUDIO	95
BIBLIOGRAFÍA.....	98

PRESUPUESTO

1. INTRODUCCIÓN	103
2. CONTENIDO DEL PRESUPUESTO	103

PLANOS

ÍNDICE DE PLANOS	108
-------------------------------	------------

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento de la problemática

En el Real Decreto 390/2021, de 1 de junio de 2021 se establece una serie de documentos reconocidos para la certificación de eficiencia energética, en los que se definen procedimientos, normativas o modelos para la realización de las certificaciones energéticas.

Por lo que respecta a las bases de datos meteorológicas empleadas, el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico establece que los datos climáticos utilizados para la certificación se han unificado con los definidos en el DB HE para las diferentes zonas climáticas.

En consecuencia, existe una correlación directa entre las calificaciones obtenidas en la certificación energética de edificios, con las condiciones para el control de la demanda energética establecidas en el DB HE1, donde se definen valores límites para la envolvente térmica, ya sean muros, huecos, etc.

Sin embargo, estos datos climáticos establecidos no están teniendo en cuenta factores como el aumento de la temperatura media anual, las olas de calor cada vez más frecuentes y duraderos en los últimos años, así como el impacto de la humedad relativa del ambiente en ciertas zonas climáticas.

1.2. Justificación del estudio

En base a lo anteriormente indicado, es presumible que tanto las certificaciones obtenidas mediante estos climas oficiales, como las medidas definidas por el código técnico, no se encuentren correctamente orientadas a la realidad meteorológica actual.

Por tanto, el fin de este estudio es poder justificar, mediante la realización de análisis, el impacto que tiene aspectos como la demanda energética, el consumo o el confort de los ocupantes, el uso de datos climatológicos históricos para la realización de dichas certificaciones.

Estos resultados pueden suponer un gran impacto en el diseño de eficiencia energética, ya sea a nivel de materiales, ventilación, horas o épocas de uso de los sistemas de refrigeración y calefacción.

Por otro lado, atendiendo a razones económicas, podría suponer un replanteamiento en cuanto a los métodos empleados para calcular el consumo energético de un edificio, ya sea para posibles actuaciones de renovación de edificios existentes o para la nueva construcción.

De esta manera, actuaciones y sistemas como los denominados Certificados de Ahorro Energético (CAE), que se trata de una instrumento que permite los ahorros energéticos, podrían mejorar su capacidad incentivadora para realizar actuaciones de mejora de la eficiencia energética, al mismo tiempo que se fomentan intervenciones que realmente tienen un impacto positivo en cuanto al consumo energético y el confort de las personas.

1.3. Objetivo general

Así pues, el objetivo del proyecto desarrollado en el presente trabajo final de máster es el estudio del impacto que tiene el cambio climático experimentado durante las últimas décadas sobre la certificación energética de edificios.

De esta manera, se pretende analizar el posible efecto que tiene en los resultados obtenidos en las certificaciones energéticas basadas en la normativa específica española, como es el caso del Código Técnico de la Edificación, que utilizan valores climatológicos unificados que no se corresponden con la realidad actual cambiante.

En este sentido, tal y como se ha comentado anteriormente, no se está teniendo en cuenta el aumento de la temperatura media anual, los picos de temperaturas extremas sufridos en las diferentes olas de calor que se viven todos los años, así como el impacto de una humedad relativa del ambiente que se ha acrecentado en las últimas décadas.

Para ello, se toman dos edificios de diferente uso, una vivienda unifamiliar ubicada en la provincia de Alicante y una planta de un edificio terciario ubicado en Valencia. Estos edificios se utilizarán como base para realizar los análisis anteriormente descritos.

1.3.1. Objetivos específicos

Para el alcance del objetivo general del proyecto, es necesario establecer una serie de objetivos específicos:

- Analizar el Código Técnico de la Edificación y el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) e identificar las características de diseño a tener en cuenta (cargas internas, horas de uso, planificación, etc.).
- Definir las características constructivas de los edificios.
- Modelar los edificios en el software EnergyPlus para obtener un valor teórico de la demanda energética de estos.
- Realización de la certificación energética mediante el software CERMA.
- Proponer mejoras en base a las directrices del Código Técnico de la Edificación.
- Certificación energética de los edificios mejorados mediante el software CERMA.
- Análisis de los resultados obtenidos.

2. MODELADO Y PREDISEÑO

Con el fin de realizar el estudio anteriormente descrito, el primer paso es seleccionar unos edificios adecuados, que partan de diferentes condiciones iniciales, usos y características. Esto aportaría una mayor variedad al estudio, permitiendo tener datos de condiciones diferentes, lo que posteriormente podría llevarse al análisis para valorar si existe correlación en lo observado en ambos edificios.

Así pues, el primero de los edificios seleccionados se corresponde con una vivienda unifamiliar ubicada en Gata de Gorgos (Alicante), que se caracteriza por encontrarse completamente a la intemperie, contar con una construcción antigua, concretamente del 1970, que no ha sido remodelado desde su construcción. En consecuencia, cuenta con un aislamiento pobre y unos materiales que se encuentran muy por debajo de las exigencias indicadas en el Código Técnico de la Edificación, en adelante el CTE.

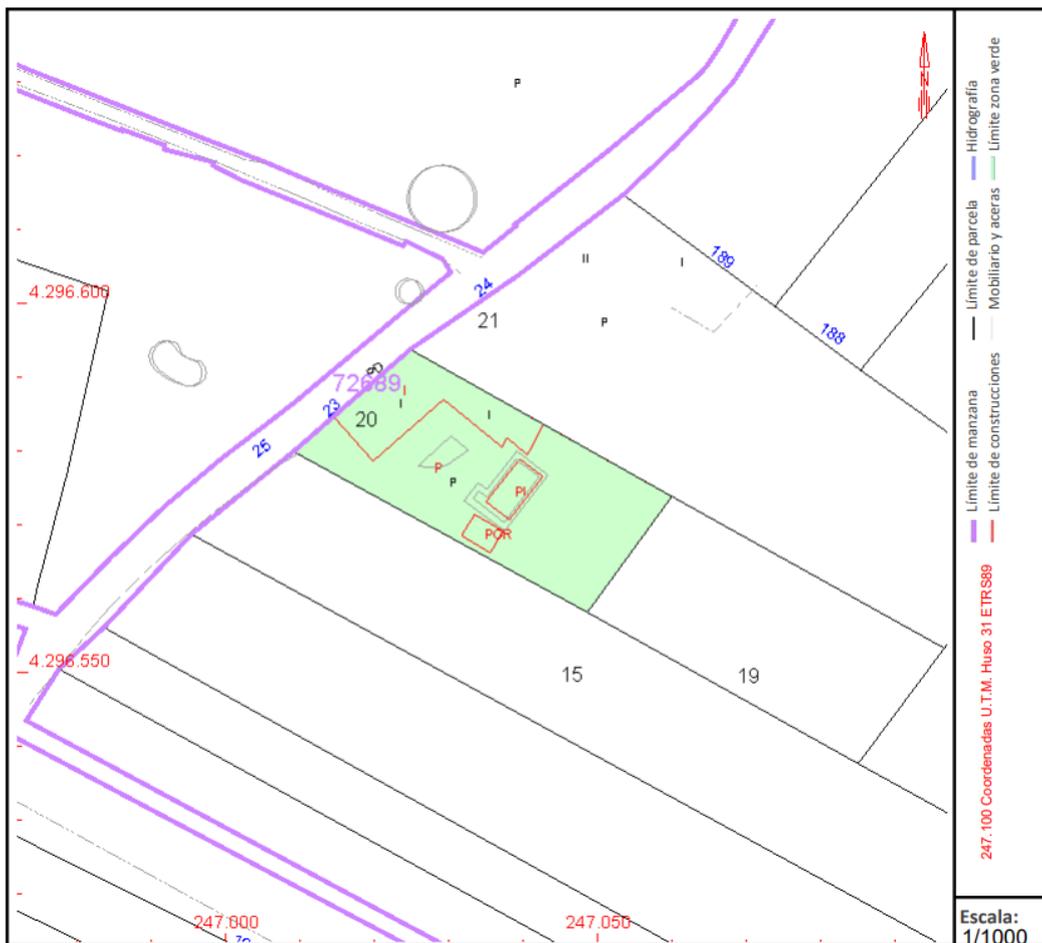


Figura 1. Datos cartográficos de la vivienda unifamiliar (Fuente: Sede del Catastro)

Esta vivienda cuenta con un total de 215 m² construidos, de los cuales habitables son aproximadamente 150 m², que es el valor a considerar para la modelización del edificio tanto en el software EnergyPlus como en el CERMA, para la posterior certificación.

Por otra parte, dado que su construcción es anterior al CTE y se desconocen los detalles constructivos de la vivienda, se decide emplear los valores de transmitancia térmica indicados por el CERMA para viviendas de construcción antigua, anteriores a la Norma Básica de la

Edificación del 1979 (NBE-CT79). En la siguiente figura se muestran los valores de transmitancia propuestos por el CERMA para este tipo de construcciones:

Muros, cubiertas y suelos

Construcción antigua

Elementos constructivos (construcción antigua)			U(W/m ² K)
Fachadas	Hoja simple	Ligera	3,25
		Pesada	2,65
	Doble hoja		1,7
Otros muros	Con el terreno		1,2
	Contacto con espacios no hab.	Hab/No hab.	2,3
		No hab./Ext	2,9
Cubiertas	Al exterior	Plana no ventilada	1,9
		Plana ventilada	2,55
		Inclinada	2,55
	Con espacio no habitable	Hab/No hab.	2,3
		No hab./Ext	2,9
Suelos	Al terreno		0,85
	Al exterior		2,4
	Vacio sanitario		2
	Contacto con espacios no hab.	Hab/No hab.	1,7
		No hab./Ext	3,2

Figura 2. Valores de transmitancia para construcciones antiguas (Fuente: CERMA)

De esta manera, para la posterior modelización del edificio residencial, se tienen en cuenta las transmitancias anteriores, no entrando en detalle en las características y materiales constructivos, que son aspectos que se encuentran fuera del objeto del presente proyecto.

Tras identificar y establecer los valores de transmitancia a considerar para la modelización del edificio terciario, es necesario definir las condiciones operacionales y los perfiles de uso a emplear para calcular las cargas térmicas del edificio.

Para ello, se ha consultado el Documento Básico de ahorro de energía, en adelante DB-HE, para el cálculo de las cargas térmicas, atendiendo a los valores y los perfiles de uso definidos por este documento, específicamente las indicadas en el Anejo D de dicho documento.

En el apartado de cálculo de carga/demandas energéticas se describen con mayor detalle los valores y perfiles empleados.

Una vez definidas las condiciones básicas para el modelado del edificio residencial, se procede a seleccionar un edificio terciario, concretamente una planta baja de un edificio residencial que se encuentra adecuada para su uso como oficinas, ubicada en Valencia.



Figura 3. Datos cartográficos del edificio terciario (Fuente: Sede del Catastro)

El edificio terciario está construido en el 1973, sin embargo, se realizó una reforma en el año 2010 para adecuar su uso al actual como oficinas. Por tanto, dado que el CTE vigente en el 2010 era el del 2008, se consideran los valores de transmitancia indicados en dicha norma, siendo estos los que se muestran a continuación:

Tabla 2.1 Transmitancia térmica máxima de cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica U en W/m^2K

Cerramientos y particiones interiores	ZONAS A	ZONAS B	ZONAS C	ZONAS D	ZONAS E
Muros de fachada, particiones interiores en contacto con espacios no habitables, primer metro del perímetro de suelos apoyados sobre el terreno ⁽¹⁾ y primer metro de muros en contacto con el terreno	1,22	1,07	0,95	0,86	0,74
Suelos ⁽²⁾	0,69	0,68	0,65	0,64	0,62
Cubiertas ⁽³⁾	0,65	0,59	0,53	0,49	0,46
Vidrios y marcos	5,70	5,70	4,40	3,50	3,10
Medianerías	1,22	1,07	1,00	1,00	1,00

⁽¹⁾ Se incluyen las losas o soleras enterradas a una profundidad no mayor de 0,5 m

⁽²⁾ Las particiones interiores en contacto con espacios no habitables, como en el caso de cámaras sanitarias, se consideran como suelos

⁽³⁾ Las particiones interiores en contacto con espacios no habitables, como en el caso de desvanes no habitables, se consideran como cubiertas

Figura 4. Valores de transmitancia indicados por el CTE 2008 (Fuente: <https://www.codigotecnico.org/>)

Por lo que respecta a las condiciones a tener en cuenta para el cálculo de las cargas, el DB-HE establece lo siguiente:

“Las condiciones operacionales y el perfil de uso de usos distintos del residencial privado serán las que se definan en el proyecto, pudiendo emplear condiciones operacionales y perfiles de uso normalizados

cuando las condiciones de uso de los espacios puedan ser asimilables.

En el Documento Reconocido de la Certificación energética de edificios que establece las Condiciones técnicas de los procedimientos para la evaluación de la eficiencia energética de los edificios, se define un conjunto de perfiles normalizados caracterizados por el uso, la carga interna (baja, media o alta) y el periodo de utilización (8, 12, 16 y 24h).”

En consecuencia, para la definición de los perfiles se utilizan los perfiles normalizados que se recogen en el documento *Condiciones técnicas de los procedimientos para la evaluación energética*, publicado el 11 de marzo de 2020 y que se encuentra dentro de los documentos reconocidos para la certificación de eficiencia energética.

En este, según las horas de uso y el nivel de carga interna del edificio, se definen unos niveles de carga interna para ocupación, iluminación, equipos y ventilación, así como las temperaturas de consigna y los perfiles horarios a seguir.

En el apartado de cálculo de carga/demandas energéticas se describen con mayor detalle los valores y perfiles empleados, además del cálculo del nivel de carga interna del edificio terciario.

2.1. Modelización del edificio residencial

El primer paso para llevar a cabo la modelización del edificio de uso residencial es plantear su modelado en el software EnergyPlus, con el fin de obtener unas demandas de refrigeración y calefacción pico en base a las necesidades de la vivienda unifamiliar.

Para ello, obteniendo los planos de la sede del catastro, se define su geometría y su orientación, tal y como se muestra en la siguiente figura extraída del programa AutoCAD:

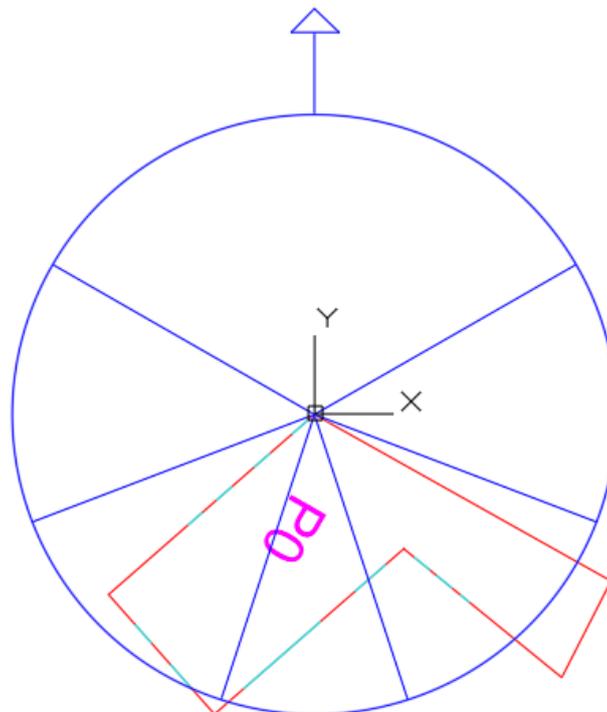


Figura 5. Planta del edificio residencial (Fuente: Elaboración propia)

Así pues, se trata de una vivienda unifamiliar con una sola planta, de la que no se disponen los planos. Sin embargo, tras realizar una visita en esta, se han definido las dimensiones de las puertas y ventanas.

Por otra parte, es importante mencionar que para la definición de este edificio en el software EnergyPlus, por simplificación, se considera toda el área como una misma zona térmica (P0), por lo que no se consideran habitaciones.

El objetivo de esta simplificación es calcular mediante el EnergyPlus las demandas energéticas en cuanto refrigeración y calefacción, con el fin de obtener unas potencias pico que se emplean posteriormente en el CERMA. Así, se obtiene un orden de magnitud de las necesidades energéticas del edificio.

Una vez definida la geometría de la vivienda, se emplea el software Genera3D y se desarrolla el modelo 3D de esta, obteniéndose un modelado 3D de la vivienda, tal y como se muestra en la siguiente figura:

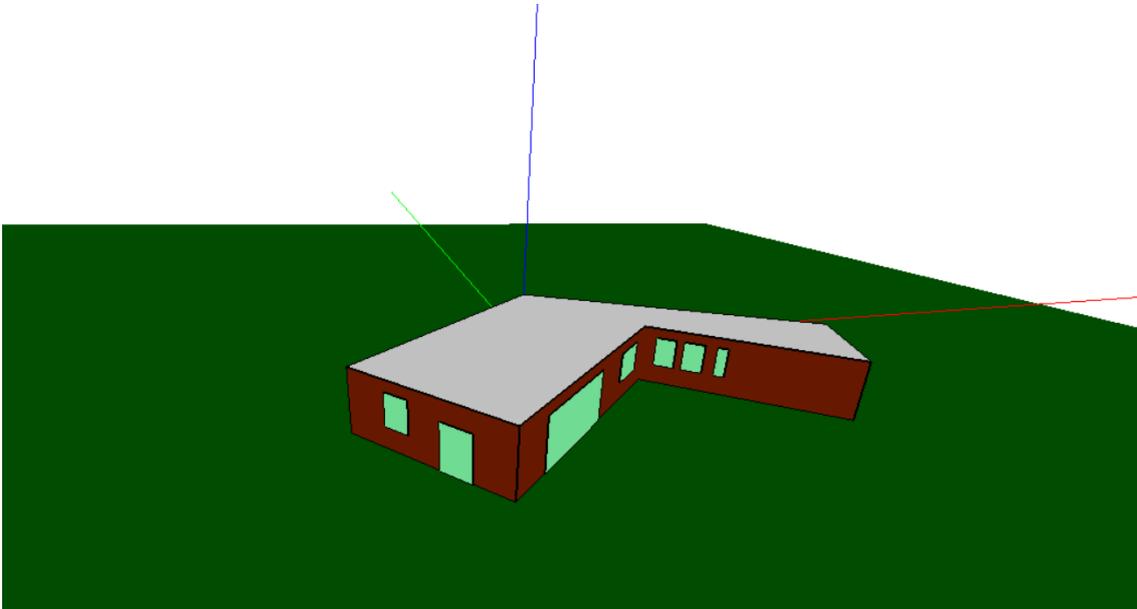


Figura 6. Modelo 3D del edificio residencial objeto de estudio (Fuente: Elaboración propia)

Por tanto, mediante el apoyo de este software se desarrolla fácilmente el modelado 3D de la vivienda, generando todos los muros, el suelo, cubierta y huecos, que posteriormente se importan al EnergyPlus.

Para ello, una vez exportado, se comprueba que no se haya generado ninguna geometría durante la definición del edificio en 3D, que requiera triangular alguna superficie específica.

Tras comprobar este posible problema, el siguiente paso es definir las transmitancias térmicas de cada uno de los elementos del edificio en base a los valores identificados para edificios antiguos indicados en la Figura 2.

De esta manera, a modo de resumen, las transmitancias a considerar son las siguientes:

Tabla 1. Valores de transmitancia caso base residencial (Fuente: CERMA)

Elemento constructivo	Transmitancia térmica/U (W/m ² K)
Muros en contacto con espacios no habitables	2.9
Suelos en contacto con el terreno	0.85
Cubierta plana al exterior no ventilada	1.9

Por lo que respecta a los huecos, es decir, conjunto ventana y marco, dado que en los valores de transmitancia para construcciones antiguas no se define ningún valor y se ha llevado a cabo una visita a la vivienda, se realiza la estimación de que esta cuenta con un vidrio monolítico de 4 mm y que los marcos son metálicos sin rotura de puente térmico.

Así pues, para definir los valores de transmitancia se ha empleado la base de datos del propio software CERMA, que estable los siguientes valores para este tipo de materiales:

Tabla 2. Valores de transmitancia huecos caso base residencial (Fuente: CERMA)

Tipo de hueco	Transmitancia térmica/U (W/m ² K)
Vidrio monolítico de 4mm	5.7
Marco metálico sin rotura de puente térmico	5.7

Después de definir los valores de transmitancia a considerar, el siguiente paso es introducir estos en el software EnergyPlus. Para ello, software permite crear cada capa de material, cada una con sus transmitancias, espesores y características.

No obstante, tal y como se ha comentado anteriormente, el objetivo de este proyecto no es definir las características constructivas.

En este punto, mediante la ayuda del software EnergyPlus, se pretende modelizar el comportamiento térmico del edificio residencial base. Por tanto, para definir los valores de transmitancia de cada elemento constructivo, se toman materiales tipo que incorpora el propio software en su base de datos y se modifica el espesor de aislamiento con el fin de aproximar los valores de transmitancia a los indicados en las tablas anteriores.

Debido a esto, se modifica el aislamiento de materiales tipo de muros, suelos y cubiertas, como los que aparecen en las siguientes figuras a modo de ejemplo:

Obj6	Obj7	Obj8	Obj3
B1	BD	BE	Muro_exterior
Wall	Floor	Roof	1pieMetrico_ctalan
Muro_exterior	Forjado_terreno	Cubierta	Mortero_cemento_3
P1_E1	P1_E1	P1_E1	ESP_poliestireno_2
Outdoors	Ground	Outdoors	Tabicon_1
			Enlucido_2
SunExposed	NoSun	SunExposed	
WindExposed	NoWind	WindExposed	
4	6	6	

Figura 7. Ejemplo de elementos constructivos modificados (Fuente: Elaboración propia)

Por tanto, aplicando esta lógica a cada uno de los elementos constructivos del edificio en su definición en el software EnergyPlus y realizando diferentes simulaciones para comprobar y modificar el valor de transmitancia (U) alcanzado hasta obtener el deseado, se alcanzan los valores deseados, tal y como se muestra, a continuación, a modo de ejemplo:

	Construction	Reflectance	U-Factor with Film [W/m2-K]
AC	MURO_EXTERIOR	0.30	2.896
AD	MURO_EXTERIOR	0.30	2.896
AE	MURO_EXTERIOR	0.30	2.896
AF	MURO_EXTERIOR	0.30	2.896
B0	MURO_EXTERIOR	0.30	2.896
B1	MURO_EXTERIOR	0.30	2.896
BD	FORJADO_TERRENO	0.30	0.849
BE	CUBIERTA	0.30	1.847

Figura 8. Ejemplo de valores de U definidos residencial (Fuente: Elaboración propia)

Dado que, tal y como se muestra en la Figura 1, la vivienda unifamiliar seleccionada no cuenta con elementos que le aporten sombra, no es necesario definir ningún otro aspecto geométrico o constructivo para el modelado de esta.

2.1.1. Cálculo de cargas/demandas energéticas

El objetivo de realizar el modelado en el software EnergyPlus de este edificio es poder calcular las cargas térmicas y obtener unos valores pico de potencia para realizar un prediseño de las instalaciones. Para ello, es necesario definir e introducir las cargas térmicas que afectarán a dicho cálculo.

Por una parte, es necesario definir las temperaturas del terreno según la época del año. Para ello, se realiza la consideración de que la temperatura del terreno es aproximadamente la misma que la del agua de red. Por tanto, se toman estos del Anejo G del DB-HE para la provincia de Alicante y se introducen en el proyecto.

Anejo G Temperatura del agua de red

1 Temperatura media mensual del agua de red

- 1 La tabla a-Anejo G contiene la temperatura diaria media mensual (°C) del agua fría de red para las capitales de provincia, para su uso en el cálculo del consumo de ACS:

Tabla a-Anejo G. Temperatura diaria media mensual de agua fría (°C)

Capital de provincia	Altitud	EN	FE	MA	AB	MY	JN	JL	AG	SE	OC	NO	DI
A Coruña	26	10	10	11	12	13	14	16	16	15	14	12	11
Albacete	686	7	8	9	11	14	17	19	19	17	13	9	7
Alicante/Alacant	8	11	12	13	14	16	18	20	20	19	16	13	12
Almería	16	12	12	13	14	16	18	20	21	19	17	14	12
Ávila	1124	6	6	7	9	11	14	17	18	14	11	9	8

Figura 9. Temperatura de agua de red (Fuente: Documento Básico HE del CTE)

Por otro lado, dado que se desconocen las condiciones definidas en el proyecto de esta vivienda, se emplean las *Condiciones operacionales y perfiles de uso* establecidas en el DB-HE,

concretamente el Anejo D, que son las definidas por el CTE para la realización del cálculo de la demanda energética para uso residencial privado.

En estas, se establecen los valores de carga interna normalizados a considerar para uso de espacios en uso residencial privado, definiéndose los valores de cargas para ocupación sensible, ocupación latente, la carga interna debido a la iluminación y la debida a los equipos eléctricos de la vivienda.

Estos perfiles de uso vienen definidos por valores de carga térmica por unidad de superficie (W/m^2) y se definen valores categorizados por las horas del día y las horas de la semana. En la siguiente figura se muestran los valores indicados en la *Tabla b-Anejo D. Perfil de uso de espacios en uso residencial privado*:

Tabla b-Anejo D. Perfil de uso de espacios en uso residencial privado

Carga interna W/m^2		Horario (semana tipo)					
		0:00 - 6:59	7:00 - 14:59	15:00 - 17:59	18:00 - 18:59	19:00 - 22:59	23:00 - 23:59
Ocupación (sensible)	L	2,15	0,54	1,08	1,08	1,08	2,15
	S y F	2,15	2,15	2,15	2,15	2,15	2,15
Ocupación (latente)	L	1,36	0,34	0,68	0,68	0,68	1,36
	S y F	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36
Iluminación	L, S y F	0,44	1,32	1,32	2,20	4,40	2,20
Equipos	L, S y F	0,44	1,32	1,32	2,20	4,40	2,20

L: día laboral, S: sábado, F: domingo y festivo.

Figura 10. Perfil de uso residencial privado (Fuente: Documento Básico HE del CTE)

Asimismo, el DB-HE también establece una serie de condiciones operacionales de espacios acondicionados en uso residencial privado. Concretamente, establece una temperatura de consigna Alta ($^{\circ}C$) y una temperatura de consigna Baja ($^{\circ}C$), definidas por los meses del año y las horas de uso en una semana tipo.

El objetivo de estas temperaturas de consigna es definir los valores de temperatura máximo y mínimo a alcanzar dentro del local en diferentes estaciones del año. Por tanto, a nivel operacional estas temperaturas de consignas se emplean como indicadores *On/Off* de los sistemas de calefacción y refrigeración.

Es decir, para la programación de estos perfiles en el software EnergyPlus, estas temperaturas actúan como indicadores de encender o apagar el sistema de climatización. Por ejemplo, en verano se establece una temperatura de consigna alta desde las 15:00 hasta las 22:59 de $25^{\circ}C$. Por lo tanto, el sistema de refrigeración se encenderá durante estas horas siempre que se supere una temperatura interior del local superior a los $25^{\circ}C$.

A continuación, se muestran los valores indicados en la *Tabla a-Anejo D. Condiciones operacionales de espacios acondicionados en uso residencial privado*:

Tabla a-Anejo D. Condiciones operacionales de espacios acondicionados en uso residencial privado

		Horario (semana tipo)			
		0:00-6:59	7:00-14:59	15:00-22:59	23:00-23:59
Temperatura de consigna Alta (°C)	Enero a Mayo	–	–	–	–
	Junio a Septiembre	27	–	25	27
	Octubre a Diciembre	–	–	–	–
Temperatura de consigna Baja (°C)	Enero a Mayo	17	20	20	17
	Junio a Septiembre	–	–	–	–
	Octubre a Diciembre	17	20	20	17

Figura 11. Condiciones operacionales (Fuente: Documento Básico HE del CTE)

Una vez identificados los perfiles de uso a considerar para el cálculo de las cargas, así como las condiciones operacionales, el siguiente paso es realizar la programación de todos estos perfiles horarios en el software EnergyPlus.

Para ello, en el apartado *Schedule:Compact* se definen los horarios y valores que permitan realizar los cálculos según lo indicado por DB-HE. Definiéndose las temperaturas de consignas altas y bajas tal y como se muestra en la siguiente figura:

Obj4	Obj5
CTE-sch-HIGH	CTE-sch-LOW
Temperature	Temperature
Through: 5/31	Through: 5/31
For: AllDays	For: AllDays
Until: 24:00	Until: 7:00
27	17
Through: 9/30	Until: 23:00
For: AllDays	20
Until: 15:00	Until: 24:00
27	17
Until: 23:00	Through: 9/30
25	For: AllDays
Until: 24:00	Until: 24:00
27	17
Through: 12/31	Through: 12/31
For: AllDays	For: AllDays
Until: 24:00	Until: 7:00
27	17
	Until: 23:00
	20
	Until: 24:00
	17

Figura 12. Programación de las condiciones operacionales (Fuente: Elaboración propia)

Antes de programar los perfiles de uso para las cargas internas, es necesario introducir los denominados días de diseño, que son los días de demanda pico que experimentará el sistema de climatización en base a la *Guía técnica. Condiciones climáticas exteriores de proyecto*.

Esta guía se encuentra definida por la Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración (ATECYR) para el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDEA). Además, esta guía se encuentra reconocida dentro de los documentos reconocidos para la certificación de eficiencia energética, definidos en el Real Decreto 390/2021, de 1 de junio de 2021.

Tal y como se ha comentado anteriormente, el objetivo de utilizar esta guía es definir los días de diseño, que supondrán los casos pico para condiciones tanto de verano como de invierno, en base a los datos climatológicos indicados en dicha guía.

Por tanto, dado que la vivienda unifamiliar se encuentra ubicada en la provincia de Alicante, acudiendo a la guía anteriormente indicada se obtienen los siguientes datos climáticos para la estación meteorológica ubicada en Alicante:

Provincia	Estación		Indicativo			
Alicante	Alicante (El Altet)		8019			

UBICACIÓN: AEROPUERTO			Nº DE OBSERVACIONES Y PERIODO			
a.s.n.m. (m)	Lat.	Long.	T seca	Hum. relativa	T terreno	Rad
31	38°17'09"	00°33'20"W	57.430	14.540		

CONDICIONES PROYECTO CALEFACCIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÍNIMA)					
TSMIN (°C)	TS_99,6 (°C)	TS_99 (°C)	OMDC (°C)	HUMcoin (%)	OMA (°C)
-2,6	2,8	4,1	12,8	74,5	29,7

CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÁXIMA)							
TSMAX (°C)	TS_0,4 (°C)	THC_0,4 (°C)	TS_1 (°C)	THC_1 (°C)	TS_2 (°C)	THC_2 (°C)	OMDR (°C)
39,1	32,5	21,0	31,3	21,4	30,3	21,4	12,5

CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA HÚMEDA EXTERIOR MÁXIMA)					
TH_0,4 (°C)	TSC_0,4 (°C)	TH_1 (°C)	TSC_1 (°C)	TH_2 (°C)	TSC_2 (°C)
24,8	24,8	24,2	24,2	23,6	23,6

VALORES MEDIOS MENSUALES							
Mes	TA (°C)	TASOL (°C)	GD_15 (°C)	GD_20	GDR_20	RADH (kWh/m² dfa)	TTERR (°C)
Enero	11,3	13,7	88	181	1		
Febrero	11,9	14,1	72	155	1		
Marzo	14,3	16,0	48	127	4		
Abril	16,2	17,9	22	85	6		
Mayo	19,3	20,9	5	43	25		
Junio	23,5	25,3	0	7	79		
Julio	25,7	27,3	0	0	116		
Agosto	26,2	27,7	0	0	124		
Septiembre	23,8	25,7	0	5	76		
Octubre	20,0	22,4	3	31	30		
Noviembre	15,0	17,4	32	104	3		
Diciembre	12,1	14,3	71	162	0		

Figura 13. Datos climatológicos Alicante (Fuente: Guía técnica. Condiciones climáticas exteriores de proyecto)

De esta guía también se obtienen los datos de velocidad del viento y la dirección principal de este, tal y como se muestra en la siguiente figura:

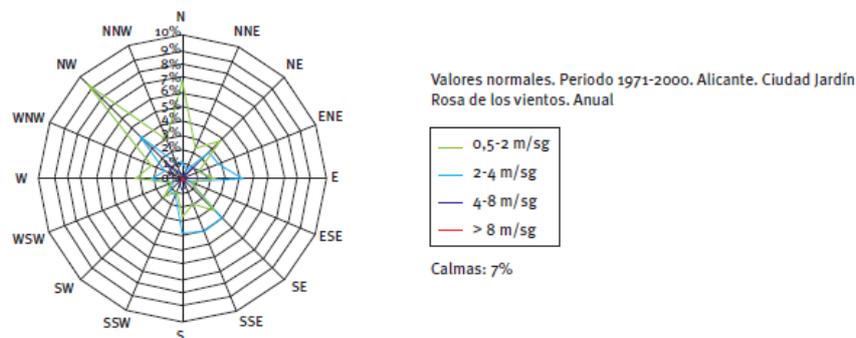


Figura 14. Datos de velocidad y dirección del viento Alicante (Fuente: Guía técnica. Condiciones climáticas exteriores de proyecto)

De esta manera, una vez identificados los datos meteorológicos, mediante esto se definen los días de diseño, que, tal y como se ha comentado anteriormente, son los días en los que se estimen las peores condiciones de temperatura tanto para el verano como para el invierno, con el objetivo de valorar el comportamiento energético del edificio en estos dos supuestos de condiciones más extremas.

Así pues, para la definición del **día de diseño de verano**, se toman las temperaturas TS_04 y TH_04 de la guía anterior, que indica las temperaturas con un nivel percentil del 0.4%, por lo que en este caso fue necesario utilizar el dato de 32.5°C de temperatura seca y el dato de 21°C en el caso de la húmeda, así como una oscilación media diaria de 12.5°C.

Por otra parte, en el caso del **día de diseño de invierno**, dado que los datos dados por la guía son diferentes, es necesario tomar en cuenta primero una oscilación media diaria de 12.8°C y una temperatura con un nivel percentil del 99.6%, por lo que para obtener el dato del percentil del 0.4% fue necesario sumar esta oscilación a dicho valor, obteniéndose 15.6°C de temperatura seca.

Además, dado que la guía solo indica el valor del porcentaje de humedad, con la ayuda del software SICRO se ha calculado, junto con el de la temperatura seca, el ratio de humedad, obteniéndose el valor de 0.0034 kg_{Agua}/kg_{Aire_seco}.

A continuación, se muestran los datos introducidos en EnergyPlus:

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		Summer ALC	Winter ALC
Month		8	1
Day of Month		15	15
Day Type		SummerDesignDay	WinterDesignDay
Maximum Dry-Bulb Temperature	C	32,5	15,6
Daily Dry-Bulb Temperature Range	deltaC	12,5	12,8
Dry-Bulb Temperature Range Modifier Type		DefaultMultipliers	DefaultMultipliers
Dry-Bulb Temperature Range Modifier Day Schedule N.			
Humidity Condition Type		WetBulb	HumidityRatio
Wetbulb or DewPoint at Maximum Dry-Bulb	C	21	
Humidity Condition Day Schedule Name			
Humidity Ratio at Maximum Dry-Bulb	kgWater/kgDryA		0,0034
Enthalpy at Maximum Dry-Bulb	J/kg		
Daily Wet-Bulb Temperature Range	deltaC		
Barometric Pressure	Pa		
Wind Speed	m/s	1,25	1,25
Wind Direction	deg	315	315
Rain Indicator		No	No
Snow Indicator		No	No
Daylight Saving Time Indicator		No	No
Solar Model Indicator		ASHRAEClearSky	ASHRAEClearSky
Beam Solar Day Schedule Name			
Diffuse Solar Day Schedule Name			
ASHRAE Clear Sky Optical Depth for Beam Irradiance (dimensionless		
ASHRAE Clear Sky Optical Depth for Diffuse Irradiance	dimensionless		
Sky Clearness		1,1	0,1

Figura 15. Días de diseño residencial (Fuente: Elaboración propia)

Tras definir los días de diseño, se procede a programar los perfiles de uso de la vivienda en base a la programación definida por el DB-HE que se indica en la Figura 10. Para definir estos perfiles se programan, por una parte, dos perfiles de tipo de fracción, que permiten determinar los valores de carga interna para las cargas sensibles y latentes, así como las cargas debidas a la iluminación y los equipos, de forma proporcional a su valor máximo en función de las horas.

Por otro lado, se programan dos perfiles de tipo *On/Off*, que tienen como cometido activar o desactivar la refrigeración o la calefacción en base a la época del año y las horas del día.

En la siguiente figura se muestra la programación de dichos perfiles en el software EnergyPlus:

Obj3	Obj6	Obj7	Obj8
CTE-Sche-People	Sch-COOLING	Sch-HEATING	CTE-Lighting
Fraction	On/Off	On/Off	Fraction
Through: 12/31	Through: 5/31	Through: 5/31	Through: 12/31
For: SummerDesignI	For: AllDays	For: AllDays	For: WinterDesignD
Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 24:00
1	0	1	0
For: WinterDesignD	Through: 9/30	Through: 9/30	For: AllOtherDays
Until: 24:00	For: AllDays	For: AllDays	Until: 7:00
.1	Until: 7:00	Until: 7:00	.1
For: WeekDays	1	0	Until: 18:00
Until: 7:00	Until: 15:00	Until: 15:00	.3
1	0	0	Until: 19:00
Until: 15:00	Until: 24:00	Until: 24:00	.5
.25	1	0	Until: 23:00
Until: 23:00	Through: 12/31	Through: 12/31	1
.5	For: AllDays	For: AllDays	Until: 24:00
Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 24:00	.5
1	0	1	
For: AllOtherDays			
Until: 24:00			
1			

Figura 16. Programación perfiles de uso residencial (Fuente: Elaboración propia)

En este sentido, es necesario destacar que en los perfiles de uso de los elementos, cargas por ocupación de personas *CTE-Sche-People* y en el de los equipos/iluminación, denominado *CTE-Lighting*, se ha definido un apartado concreto para el día de diseño de invierno, considerando las peores condiciones, es decir, ocupación mínima y todos los equipos apagados. Esta distinción tiene como objetivo que el sistema de calefacción que se calcule tenga la capacidad de climatizar la vivienda en las peores condiciones posibles.

Una vez indicado esto, se explica el primero de estos perfiles, concretamente el perfil denominado *CTE-Sche-People*, que se emplea en el apartado *People* del software, de manera que actúe como perfil para calcular las cargas en base al número de personas, que a su vez son calculadas en base a la superficie de la vivienda.

En este sentido, para hacer uso de este perfil en el EnergyPlus, se hace la siguiente consideración:

$$Carga\ sensible = 2.15 \frac{W}{m^2}; Carga\ latente = 1.36 \frac{W}{m^2}$$

$$Carga\ Total = Carga\ sensible + Carga\ latente = 3.51 \frac{W}{m^2}$$

$$Fracción\ sensible = \frac{Carga\ sensible}{Carga\ Total} = 0.6125$$

$$Carga\ por\ persona = 100 \frac{W}{persona}$$

$$\frac{Area}{persona} = \frac{Carga\ por\ persona}{Carga\ total} = 28.5 \frac{m^2}{persona}$$

De los cálculos realizados anteriormente, los valores de área/persona y fracción sensible son utilizados para definir los datos de partida para calcular las cargas térmicas debido a las personas.

Por lo que respecta a la fracción radiante del calor sensible liberado por las personas en el local, el software EnergyPlus propone un valor por defecto de 0.30. Sin embargo, atendiendo al método Fanger para cálculo del confort térmico indicado en la ISO 7730, el resultado puede ser más cercano a la realidad.

Para ello, empleando una herramienta de cálculo basada en este método, se suponen unas condiciones medias en el interior del local, es decir, temperatura ambiente de 25°C y humedad relativa del 50%. Asimismo, se considera la aproximación de que la temperatura media radiante es igual a la del ambiente y una velocidad del aire dentro del local de 0.1 m/s.

Además, se considera un valor de actividad metabólica de una unidad, es decir, 1 met y 1 clo (aislamiento térmico debido a la ropa).

Utilizando la herramienta para el cálculo mediante el método Fanger, se obtienen los siguientes resultados:

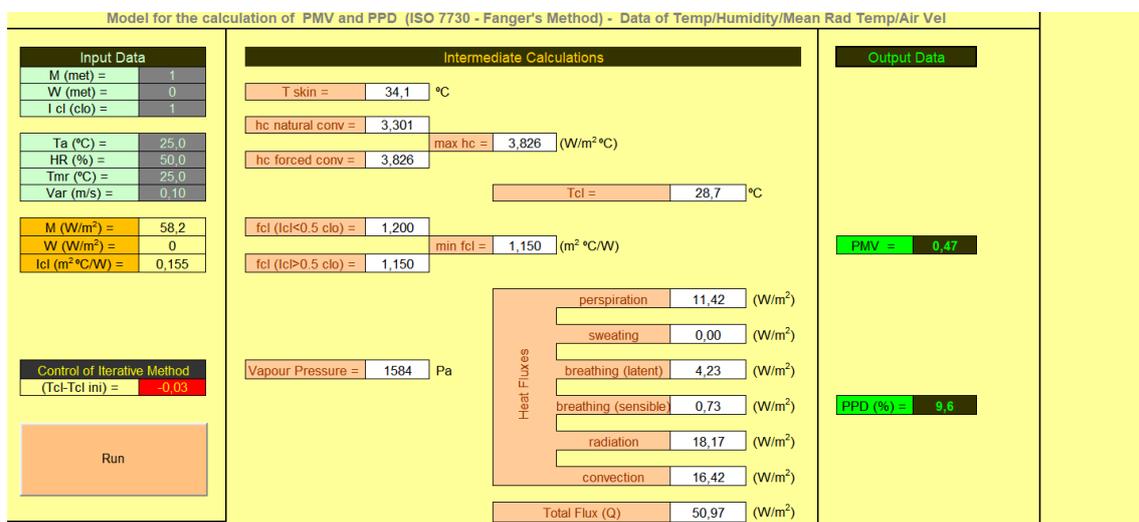


Figura 17. Resultados cálculo método Fanger (Fuente: elaboración propia)

Empleando los valores obtenidos, se puede calcular la fracción radiante, siendo los pasos de cálculo los siguientes:

$$Flujo\ de\ calor\ por\ convección = 16.42 \frac{W}{m^2}$$

$$Flujo\ de\ calor\ por\ radiación = 18.17 \frac{W}{m^2}$$

$$\text{Flujo de calor sensible} = 0.73 \frac{W}{m^2}$$

$$\text{Fracción por radiación} = \frac{\text{Flujo de calor por radiación}}{\sum \text{Flujos de calor}} = 0.52$$

Por tanto, para aproximarse a un valor más cercano al real basado en el método Fanger, se utiliza un valor de fracción radiante de 0.52.

Así pues, una vez definidos los perfiles de uso debidos a cargas latentes y sensibles, así como los valores de cálculo para las cargas debidas a personas, se introducen estos en el software, tal y como se muestra en la siguiente figura:

Field	Units	Obj1
Name		Ocupantes_P1_E1
Zone or ZoneList Name		P1_E1
Number of People Schedule Name		CTE-Sche-People
Number of People Calculation Method		Area/Person
Number of People		
People per Zone Floor Area	person/m2	
Zone Floor Area per Person	m2/person	28,5
Fraction Radiant		0,52
Sensible Heat Fraction		0,6125
Activity Level Schedule Name		Activity_P1_E1
Carbon Dioxide Generation Rate	m3/s-W	0,0000000382
Enable ASHRAE 55 Comfort Warnings		No
Mean Radiant Temperature Calculation Type		ZoneAveraged
Surface Name/Angle Factor List Name		
Work Efficiency Schedule Name		
Clothing Insulation Calculation Method		
Clothing Insulation Calculation Method Schedule Name		
Clothing Insulation Schedule Name		
Air Velocity Schedule Name		
Thermal Comfort Model 1 Type		
Thermal Comfort Model 2 Type		
Thermal Comfort Model 3 Type		
Thermal Comfort Model 4 Type		
Thermal Comfort Model 5 Type		

Figura 18. Datos cálculo cargas por ocupación de personas residencial (Fuente: Elaboración propia)

Por lo que respecta a las cargas debido a iluminación y equipos eléctricos, el DB-HE establece los mismos perfiles y cargas, por lo que comparten el perfil creado en el EnergyPlus, siendo el que se indica en la Figura 16 como *CTE-Lighting*. Por otra parte, para introducir los valores de carga sobre los que trabajará el perfil indicado, será necesario indicar el valor máximo en cada apartado, siendo de 4.4 W/m², tal y como se muestra a continuación:

Field	Units	Obj1
Name		Luces_P1_E1
Zone or ZoneList Name		P1_E1
Schedule Name		CTE-Lighting
Design Level Calculation Method		Watts/Area
Lighting Level	W	
Watts per Zone Floor Area	W/m2	4,4
Watts per Person	W/person	
Return Air Fraction		
Fraction Radiant		
Fraction Visible		
Fraction Replaceable		1
End-Use Subcategory		General
Return Air Fraction Calculated from Plenum Temperature		No
Return Air Fraction Function of Plenum Temperature Co		
Return Air Fraction Function of Plenum Temperature Co	1/K	
Return Air Heat Gain Node Name		

Field	Units	Obj1
Name		Equipos_P1_E1
Zone or ZoneList Name		P1_E1
Schedule Name		CTE-Lighting
Design Level Calculation Method		Watts/Area
Design Level	W	
Watts per Zone Floor Area	W/m2	4,4
Watts per Person	W/person	
Fraction Latent		0
Fraction Radiant		0,5
Fraction Lost		0
End-Use Subcategory		General

Figura 19. Datos cálculo cargas iluminación/equipos residencial (Fuente: Elaboración propia)

2.1.2. Prediseño de las instalaciones

Una vez definidos todos los perfiles y valores a tener en cuenta en base a las indicaciones del CTE en el DB-HE, el siguiente paso es definir las condiciones de operación básicas del sistema de climatización ideal que va a considerar el software EnergyPlus.

El objetivo de estas acciones es que, si bien el software va a simular el funcionamiento de un sistema de climatización ideal, este se encuentre acotado por unas condiciones de temperatura de funcionamiento y ventilación adecuados.

En este sentido, es necesario remarcar que el objetivo principal de modelar tanto la vivienda unifamiliar como el edificio terciario, es poder aproximar las potencias picos necesarias de los sistemas de refrigeración y calefacción necesarios en base a las características de cada edificio.

Debido a ello, el primer paso es definir el termostato que el sistema considerará como actuador para encender y apagar los sistemas de refrigeración y calefacción, cuyos perfiles ya se crearon con lo indicado por el DB-HE, tal y como se muestra en la Figura 12.

De esta manera, el **perfil de la temperatura de consigna baja** será el perfil de funcionamiento del sistema de calefacción que, según lo indicado en el Anejo D del DB-HE, actuará únicamente de Enero a Mayo y de Octubre a Diciembre.

Así pues, en este se define que si la temperatura del local es inferior a 17°C desde las 23:00 hasta las 7:00 de día siguiente, el sistema de calefacción se activará. Para el resto de horas, se establece una temperatura mínima de 20°C, por debajo de esta el sistema de se activará.

Por su parte, el **perfil de temperatura de consigna alta** será el perfil de funcionamiento del sistema de refrigeración que, según lo indicado en el Anejo D del DB-HE, actuará únicamente de Junio a Septiembre, definiéndose que si la temperatura del local es mayor a 27°C desde las 23:00 hasta las 15:00 del día siguiente, el sistema de refrigeración actuará. Para el resto de horas, se establece una temperatura máxima de 25°C, por encima de esta el sistema de refrigeración se activará.

Por tanto, una vez creados estos perfiles, se crea un termostato, denominado *TERMOSTATO_CT*, que actuará según las condiciones indicados en estos:

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3
Name		TERMOSTATO_20	Termostato_P1_E1	TERMOSTATO_CT
Heating Setpoint Schedule Name			CTE termo cal. resid	CTE-sch-LOW
Constant Heating Setpoint	C	20		
Cooling Setpoint Schedule Name			CTE termo ref. resid	CTE-sch-HIGH
Constant Cooling Setpoint	C	25		

Figura 20. Termostato creado residencial (Fuente: Elaboración propia)

Asimismo, es necesario definir las condiciones de ventilación de la vivienda, para ello, se consulta uno de los documentos reconocidos para la certificación de eficiencia energética, concretamente el denominado *Condiciones técnicas de los procedimientos para la evaluación energética*.

En este, en la *tabla 14* del apartado 6.6. *Renovación de aire. Ventilación e infiltraciones* se indican las condiciones de renovación de aire a considerar según la tipología del edificio, tal y como se muestra a continuación:

6.6. Renovación de aire. Ventilación e infiltraciones

Tabla 14: Renovación de aire (ventilación e infiltraciones)

Descripción	Tipo	Datos	Valor	Observaciones
Escenarios de cálculo	2	Velocidad del viento para el cálculo de la renovación de aire	Velocidad de viento constante = 2,8 m/s	En los espacios de edificios no destinados a vivienda se supone que, durante las horas de ocupación, un sistema de impulsión compensa la infiltración, coincidiendo el caudal de aire exterior con el de ventilación.
Tasa de renovación de aire en zonas no habitables	3	Estanqueidad de la zona no habitable	Número de renovaciones en una hora (ren/h)	Por defecto se pueden adoptar los valores indicados en Documento de Apoyo DA DB-HE/1, pudiendo adoptar valores de proyecto o del edificio existente cuando existan sistemas específicos.
Renovación de aire en zonas habitables de edificios con uso residencial privado	3	Nivel de ventilación	Tasa de renovación de aire	Por defecto, se puede adoptar en estos espacios una tasa de renovación de aire de 0,63 ren/h.

Figura 21. Tasa de renovación de aire (Fuente: Condiciones técnicas de los procedimientos para la evaluación energética)

Por tanto, tal y como se muestra en la figura anterior, por defecto, se puede adoptar en edificios con uso residencial privado una renovación de aire de 0.63 renovaciones/hora. En consecuencia, se indica este valor en el EnergyPlus, tal y como se indica a continuación:

Field	Units	Obj1
Name		Ventilacion_P1_E1
Outdoor Air Method		AirChanges/Hour
Outdoor Air Flow per Person	m3/s-person	
Outdoor Air Flow per Zone Floor Area	m3/s-m2	
Outdoor Air Flow per Zone	m3/s	
Outdoor Air Flow Air Changes per Hour	1/hr	0,63
Outdoor Air Schedule Name		
Proportional Control Minimum Outdoor Air Flow Rate Scl		

Figura 22. Ventilación programada residencial (Fuente: Elaboración propia)

Finalmente, se define un sistema de climatización ideal con todos los condicionantes en cuanto a termostato y ventilación indicados, así como el perfil de uso de refrigeración y calefacción definidos por el DB-HE y que, tal y como se muestra en la Figura 16, se programan con los nombres de *Sch-HEATING* y *Sch-COOLING*.

Además de esto, es necesario limitar las temperaturas de suministro del sistema, dado que, por defecto, el software EnergyPlus considera una temperatura de suministro de aire máxima de 50°C y mínima de 13°C. Sin embargo, temperaturas tan altas no son tan necesarias a la hora de llevar a cabo las acciones de calefacción/refrigeración.

Debido a ello, se cambian ambos valores a unos más estándar, como es una temperatura de suministro del aire máxima de 35°C y una mínima de 18°C, que si bien, tras realizar varias pruebas se comprueba que no tiene un impacto significativo, ayuda a aproximar un poco más a

la realidad el detalle del modelado realizado, ya que las temperaturas de suministro consideradas por el software son demasiado extremas.

A continuación, se muestra la definición del sistema de climatización ideal con los condicionantes anteriormente descritos:

Field	Units	Obj1
Zone Name		P1_E1
Template Thermostat Name		TERMOSTATO_CT
System Availability Schedule Name		
Maximum Heating Supply Air Temperature	C	35
Minimum Cooling Supply Air Temperature	C	18
Maximum Heating Supply Air Humidity Ratio	kgWater/kgDryA	
Minimum Cooling Supply Air Humidity Ratio	kgWater/kgDryA	
Heating Limit		
Maximum Heating Air Flow Rate	m3/s	
Maximum Sensible Heating Capacity	W	
Cooling Limit		
Maximum Cooling Air Flow Rate	m3/s	
Maximum Total Cooling Capacity	W	
Heating Availability Schedule Name		Sch-HEATING
Cooling Availability Schedule Name		Sch-COOLING
Dehumidification Control Type		
Cooling Sensible Heat Ratio	dimensionless	
Dehumidification Setpoint	percent	
Humidification Control Type		
Humidification Setpoint	percent	
Outdoor Air Method		DetailedSpecificatio
Outdoor Air Flow Rate per Person	m3/s	
Outdoor Air Flow Rate per Zone Floor Area	m3/s-m2	
Outdoor Air Flow Rate per Zone	m3/s	
Design Specification Outdoor Air Object Name		Ventilacion_P1_E1
Demand Controlled Ventilation Type		
Outdoor Air Economizer Type		

Figura 23. Sistema de climatización programado residencial (Fuente: Elaboración propia)

2.1.3. Resultados obtenidos

Después de haber definido todas las características geométricas y constructivas del modelo del edificio residencial, así como definir las cargas y los condicionantes a tener en cuenta a nivel operacional, se procede a realizar la simulación del sistema.

El software EnergyPlus aporta una gran cantidad de datos como resultados de las simulaciones, desde consumos de ACS, de equipos eléctricos, ganancias térmicas internas debido a las condiciones definidas, confort térmico de los ocupantes, etc.

Sin embargo, el objetivo principal, tal y como se ha comentado anteriormente, es definir las potencias necesarias del sistemas de climatización en base a las características del edificio. Para ello, se utilizan los días de diseño, que son los días con condiciones climáticas más extremas.

Por tanto, para interpretar los datos y tomar las potencias que posteriormente se usarán para la certificación en el software CERMA, se observan los resultados obtenidos para cada uno de los días de diseño.

En este sentido, para ver la potencia de refrigeración total necesaria en la vivienda, se seleccionan los resultados para el día de diseño de verano, o *SUMMER ALC*, y se observa el apartado de potencia máxima del caudal total de aire de impulsión para refrigeración. Este dato indica la potencia máxima necesaria para aportar el aire de refrigeración necesario según las

características de la vivienda, que como se ha comentado anteriormente, se ha considerado como un único espacio térmico, por lo que el total se corresponde al total de la vivienda.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos:

File-Information
 C:/GENERA3D_V_2_3_3/proyectos/UnifamiliarGata/UnifamiliarGata U CORREGIDO/UnifamiliarGata U CORREGIDO_EPLUS8.9.eso
 EnergyPlus
 Version 8.9.0-40101eaafd, YMD=2024.08.26 18:44

Environment
 SUMMER ALC

Variable Information
 Total: 2002-08-15 00:00:00 - 2002-08-15 23:00:00
 Maximum: 10,978.4 Minimum: 0 Average: 3,966.6
 Visible: 2002-08-15 00:00:00 - 2002-08-15 23:00:00
 Maximum: 10,978.4 Minimum: 0 Average: 3,966.6

Filter
 Name Area Unit Timestep
 supply
 Clear Filter

Id	Name	Area	Unit	Timestep
399	Zone Ideal Loads Supply Air Sensible Heating Rate	P1_E1 IDEAL LO...	W	Hourly
400	Zone Ideal Loads Supply Air Latent Heating Rate	P1_E1 IDEAL LO...	W	Hourly
401	Zone Ideal Loads Supply Air Total Heating Rate	P1_E1 IDEAL LO...	W	Hourly
402	Zone Ideal Loads Supply Air Sensible Cooling Rate	P1_E1 IDEAL LO...	W	Hourly
403	Zone Ideal Loads Supply Air Latent Cooling Rate	P1_E1 IDEAL LO...	W	Hourly
404	Zone Ideal Loads Supply Air Total Cooling Rate	P1_E1 IDEAL LO...	W	Hourly
418	Zone Ideal Loads Supply Air Mass Flow Rate	P1_E1 IDEAL LO...	kg/s	Hourly
419	Zone Ideal Loads Supply Air Standard Density Volume Flow Rate	P1_E1 IDEAL LO...	m3/s	Hourly

Figura 24. Pot. total de refrigeración máxima residencial (Fuente: Resultados EnergyPlus)

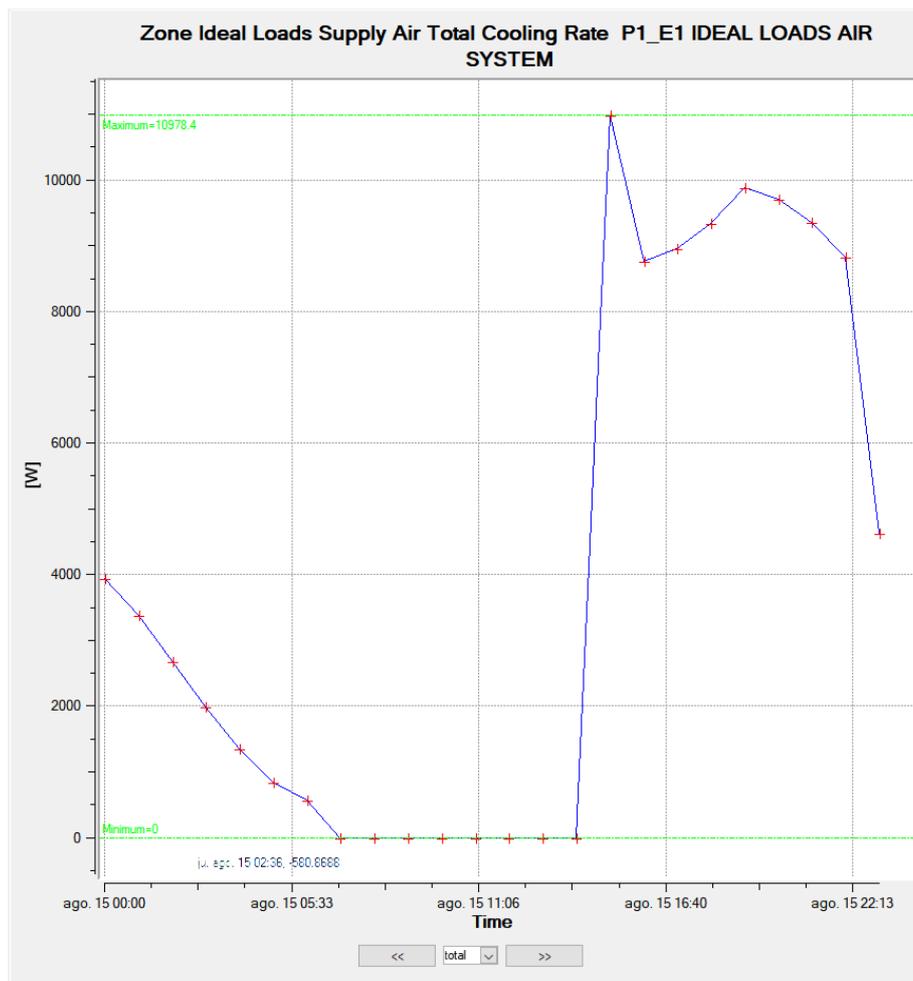


Figura 25. Gráfico pot. máx. refrigeración total residencial (Fuente: Resultados EnergyPlus)

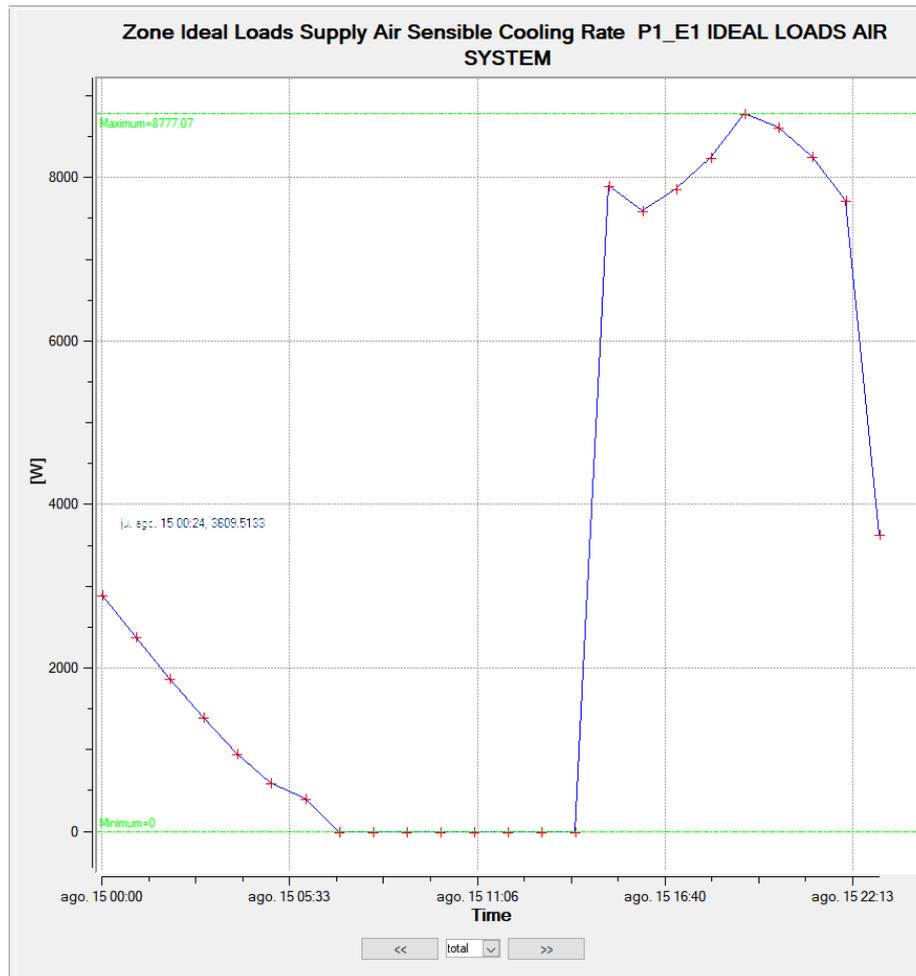


Figura 26. Gráfico pot. máx. refrigeración sensible residencial (Fuente: Resultados EnergyPlus)

De estos resultados se puede observar que la potencia máxima total de refrigeración necesaria en el día con peores condiciones es de 11kW, de la cual 8,77kW se corresponde con la potencia sensible de refrigeración.

En este sentido, observando los resultados y teniendo en cuenta que la superficie total es de 150 m², se podría considerar que esta potencia se queda un poco por debajo de las relaciones de potencia por unidad de superficie que suelen ser comunes en sistemas de climatización de viviendas, que suele encontrarse entre 80 W/m² y 100 W/m².

En este caso se obtiene una relación de 73,33 W/m². Sin embargo, tras revisar todo el trabajo realizado hasta el momento, no se identifica algún error significativo pueda suponer estar por debajo de los valores comunes.

A pesar de ello, se analiza la situación y se identifican posibles razones:

- El valor y las condiciones de operación de las cargas internas son obtenidas de las indicaciones realizadas por el CTE en su DB-HE. Sin embargo, son condiciones teóricas que no tiene por qué corresponderse con condiciones reales.
- Las condiciones climatológicas de la *Guía técnica. Condiciones climáticas exteriores de proyecto*, parte de datos históricos tomados en el período 1998-2007. Por tanto, si bien

es una muestra de casi 10 años, es posible que las condiciones exteriores no se encuentren cercanas a la realidad actual, en especial, en aspectos como puede ser la humedad, que como se verá más adelante, ha ido aumentando en las últimas décadas.

- El sistema calculado por el software EnergyPlus considera un sistema ideal, por lo que es posible que no se tengan en cuenta ciertas pérdidas térmicas que ocurrirían en un sistema real.

Por tanto, si bien la relación potencia/superficie no se encuentra dentro del rango normalmente considerado en la climatización de viviendas, se considera que existen diversas causas dentro del modelo que pueden atenuar dicho valor.

En consecuencia, se plantea continuar con este valor y utilizarlo como valor base para la instalación de refrigeración en el CERMA, en caso de observar que no se cumple con este, se decidiría aplicar algún factor de corrección y realizar pruebas para ver el comportamiento.

Por lo que se refiere a los datos de calefacción total que requiere la vivienda, se seleccionan los resultados para el día de diseño de invierno, o *WINTER ALC*, y se observa el apartado de potencia total del caudal total de aire de impulsión para calefacción. Este dato indica la potencia máxima necesaria para aportar el aire de calefacción necesario según las características de la vivienda, que como se ha comentado anteriormente, se corresponde con el total de la vivienda.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos:

Id	Name	Area	Unit	Timestep
399	Zone Ideal Loads Supply Air Sensible Heating Rate	P1_E1 IDEAL LO...	W	Hourly
400	Zone Ideal Loads Supply Air Latent Heating Rate	P1_E1 IDEAL LO...	W	Hourly
401	Zone Ideal Loads Supply Air Total Heating Rate	P1_E1 IDEAL LO...	W	Hourly
402	Zone Ideal Loads Supply Air Sensible Cooling Rate	P1_E1 IDEAL LO...	W	Hourly
403	Zone Ideal Loads Supply Air Latent Cooling Rate	P1_E1 IDEAL LO...	W	Hourly
404	Zone Ideal Loads Supply Air Total Cooling Rate	P1_E1 IDEAL LO...	W	Hourly
418	Zone Ideal Loads Supply Air Mass Flow Rate	P1_E1 IDEAL LO...	kg/s	Hourly
419	Zone Ideal Loads Supply Air Standard Density Volume Flow Rate	P1_E1 IDEAL LO...	m ³ /s	Hourly

Figura 27. Pot. total de calefacción máxima residencial (Fuente: Resultados EnergyPlus)

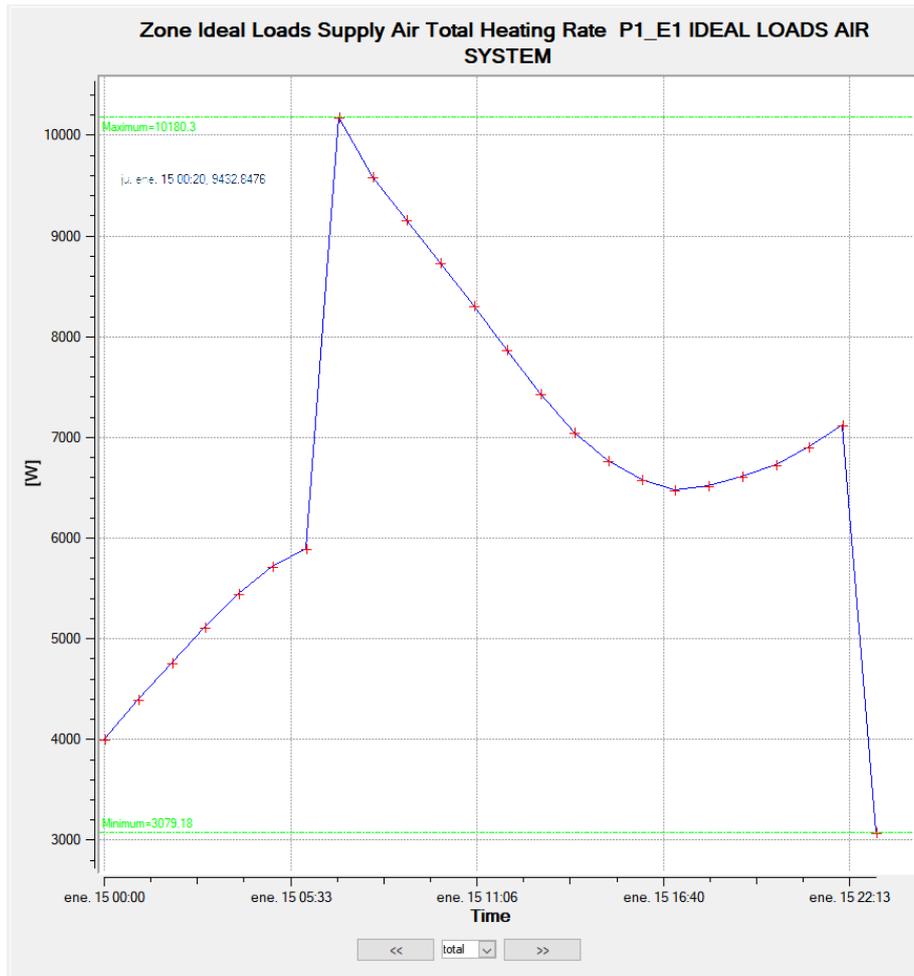


Figura 28. Gráfica pot. máx. calefacción total residencial (Fuente: Resultados EnergyPlus)

En este caso no es necesario tomar también el dato de calor sensible, ya que el total de calefacción se corresponde con calor sensible, que en este caso es de 10,2kW y que, en este caso se decide redondear a lo alto y se toma como dato 11kW.

Ocurre lo mismo en cuanto a la relación potencia/superficie del sistema de calefacción, por lo que se realizan las mismas consideraciones anteriormente descritas y, además, se añade que la vivienda se encuentra ubicada en una zona climática denominada B4, por lo que las temperaturas medias anuales son mayores a la mayoría de las otras zonas climáticas en España.

Por tanto, al igual que en el caso de refrigeración, se considera continuar con este valor para la definición de la instalación de calefacción en el CERMA, en caso de observar que no se cumple con este, se decidiría aplicar algún factor de corrección y realizar pruebas para ver el comportamiento.

De esta manera, a modo resumen, estos datos son los que se emplearán en el CERMA para definir la potencia del sistema de refrigeración/calefacción.

Tabla 3. Resumen valores potencia instalaciones residencial (Fuente: Elaboración propia)

Tipo de instalación	Potencia total (kW)	Potencia sensible (kW)
Instalación de refrigeración	11	8.77
Instalación calefacción	11	11

2.2. Modelización del edificio terciario

Tras modelizar el edificio residencial y obtener las potencias de las instalaciones de climatización, el siguiente paso es realizar el modelado del edificio terciario, con el mismo objetivo que en el caso anterior.

A diferencia del edificio anterior, este se caracteriza por tratarse de una planta baja de un edificio residencial, cuyo uso terciario, concretamente el de unas oficinas reformadas sobre el 2010, por lo que ciertas consideraciones y directrices del CTE y, concretamente, del DB-HE realizadas para el caso anterior, no aplican en este.

El primer paso, al igual que para el caso anterior, es la obtención de sus planos. En este caso, se dispone de unos planos en detalle de la planta, dimensiones y ubicaciones de las ventanas, así como la distribución interior. Sin embargo, tampoco se tiene detalle constructivo del edificio, por lo que para definir las cargas se hacen ciertas consideraciones que se abordarán más adelante.

En la siguiente figura se muestra la planta de esta planta baja de uso terciario:

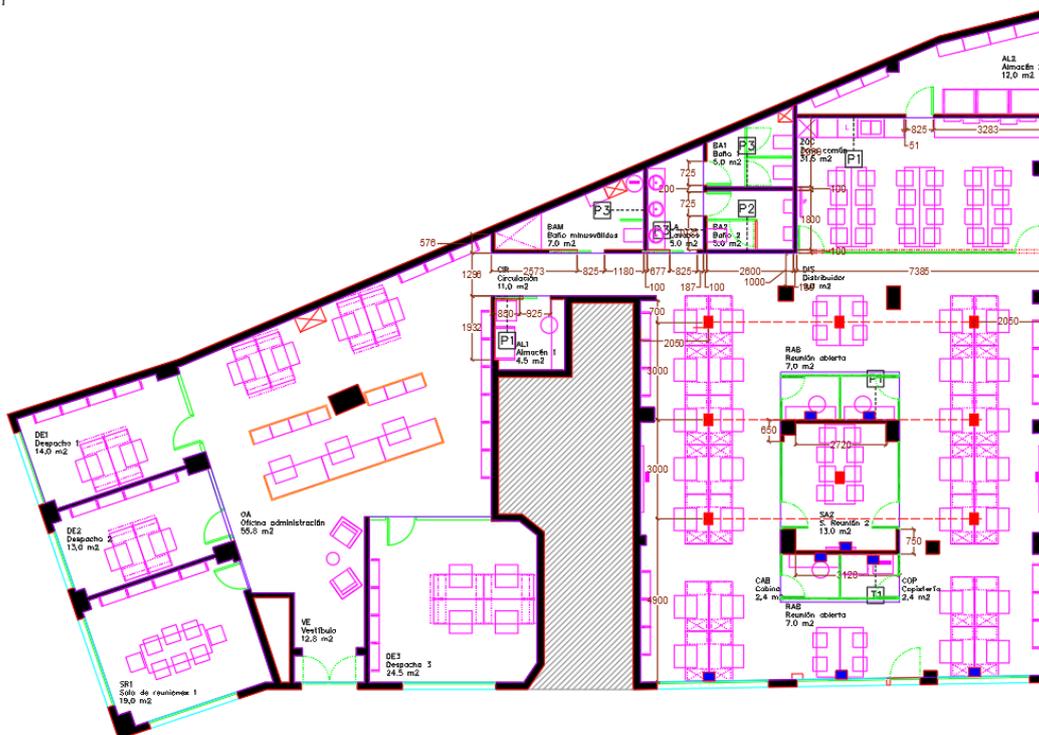


Figura 29. Planta de bajo terciario (Fuente: Aportado por la empresa)

De esta manera, trabajando los planos y haciendo también uso de los planos del catastro, se define su geometría y su orientación, tal y como se muestra en la siguiente figura extraída del programa AutoCAD:

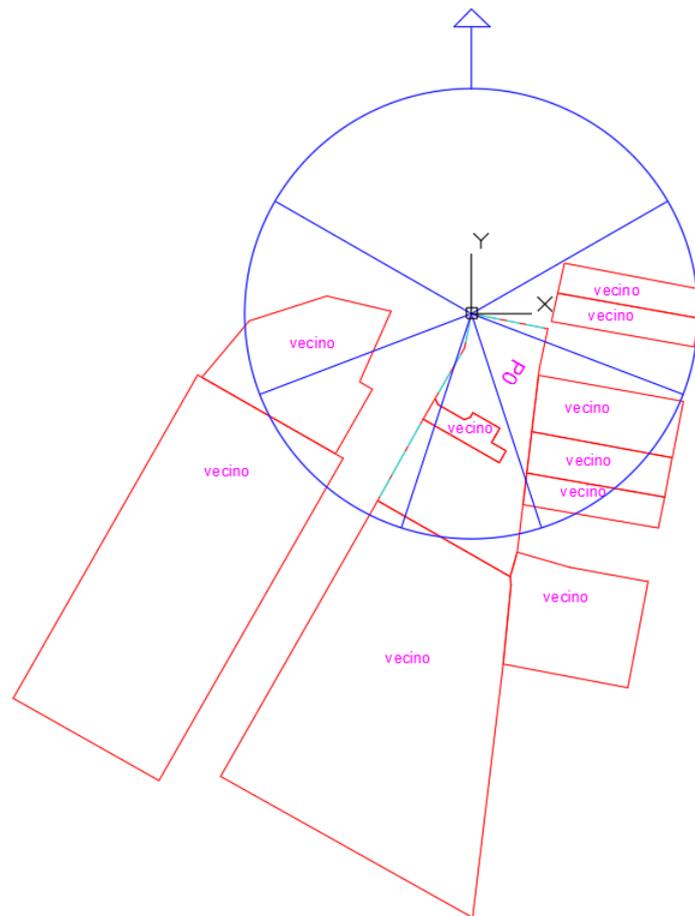


Figura 30. Planta de bajo terciario trabajado (Fuente: Elaboración propia)

Además, en este caso, dado que cuenta con varios edificios colindantes que pueden influir debido a la producción de sombra, con ayuda de los planos del catastro se definen estos. Para lo que también es necesario definir el resto de las plantas, tanto del edificio al que pertenece el terciario como el resto de colindantes.

Por lo que respecta al detalle del propio terciario, al igual que se detalló para el caso anterior, por simplificación, se considera toda el área como una misma zona térmica (P0), por lo que no se consideran habitaciones.

Así pues, a partir de los planos trabajados para cada una de las plantas a considerar, haciendo uso del software Genera3D se desarrolló el modelo 3D del terciario, obteniéndose, en este caso, el edificio completo al que pertenece y los colindantes. A continuación, se muestra el 3D generado:

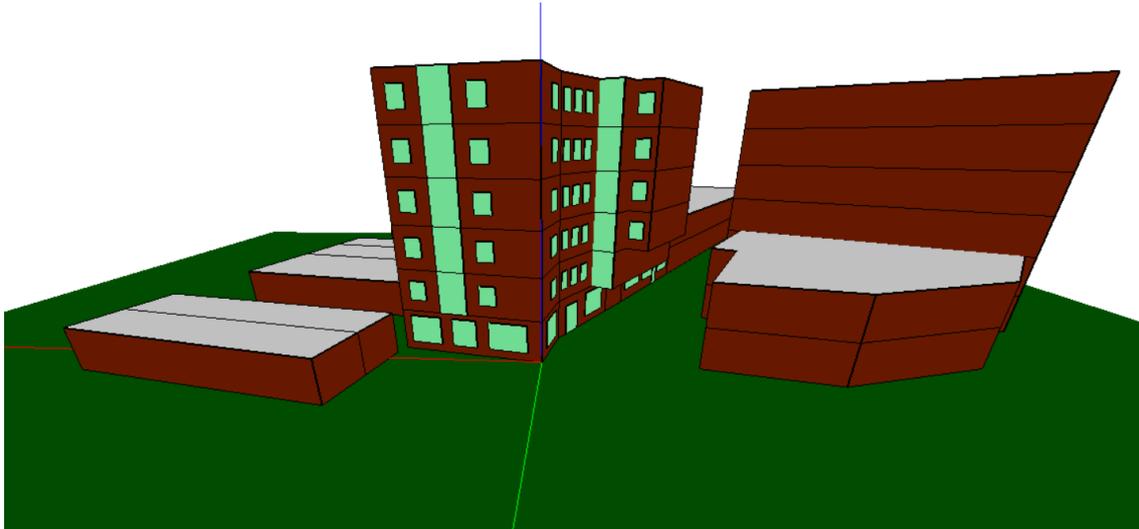


Figura 31. Modelo 3D generado (Fuente: Elaboración propia)

Una vez generado el modelo, con ayuda del programa Genera3D se exporta al software EnergyPlus, donde es necesario analizar las geometrías generadas por el programa, así como los espacios y los sistemas creados automáticamente, ya que no todos son objeto de estudio.

En este sentido, tal y como se muestra en la Figura 31, para el edificio al que pertenece el bajo terciario, se han considerado todos los huecos para, ya que pueden afectar a los resultados de las cargas internas de estos espacios y, en consecuencia, a los del propio terciario objeto de estudio. Por lo que respecta al resto de edificios, se han considerado únicamente su forma y su altura, con el fin de tener en cuenta la influencia de las sombras.

Tras exportarlo, mediante la herramienta de triangulación aportada por el tutor, se comprueba que no existan errores posibles en la definición de las geometrías de cualquiera de los elementos del proyecto. De estas comprobaciones se detectan dos geometrías erróneas y se solventan con la herramienta de triangulación.

Además de esto, dado que se definen más espacios térmicos a parte del que es objeto de estudio, es necesario realizar una consideración. Dado que se desconoce el estado del resto de espacios, se considera el caso más restrictivo en cuanto a las posibles instalaciones de climatización, que es considerar que no cuentan con estas. Esta consideración también reduce notablemente el tiempo requerido para realizar la simulación.

Después de definir los aspectos básicos de la geometría y realizar la consideración de diseño anteriormente indicada, el siguiente paso es determinar los valores de las transmitancias. Para ello, es necesario tener en cuenta que el edificio es una construcción del 1973 ubicado en Valencia y que en el año 2010 contó con una reforma.

Por tanto, tal y como se indica anteriormente, se revisa el CTE vigente en dicho año y se considera que las transmitancias son las indicadas por el CTE del 2008, las cuales se indican en la Figura 4.

De esta manera, a modo de resumen, las transmitancias a considerar son las siguientes:

Tabla 4. Valores de transmitancia caso base terciario (Fuente: CTE 2008)

Elemento constructivo	Transmitancia térmica/U (W/m ² K)
Muros en contacto con espacios no habitables	1.07
Suelos en contacto con el terreno	0.68
Cubierta	0.59
Vidrios y marcos	5.7
Medianería	1.07

El siguiente paso es introducir estos valores en el software EnergyPlus. Con este fin, tal y como se ha detallado para el caso anterior, se toman materiales incorporados por el propio programa en su base de datos y se modifica el espesor de aislamiento con el objetivo de alcanzar los valores límite anteriormente indicados.

En este sentido, es necesario indicar que es posible que en la reforma que se llevase a cabo en el edificio durante el 2010 se utilizasen materiales con mejor transmitancia térmica. Sin embargo, dado que no se dispone de estos datos y para realización del presente estudio se considera situarse sobre los casos más extremos, se decide emplear estos valores de transmitancia.

Por tanto, empleando la lógica descrita para el edificio residencial, se modifican los valores de transmitancia de los materiales constructivos en base a los valores anteriores, obteniéndose los valores que se muestran, a continuación, a modo de ejemplo:

	Construction	Reflectance	U-Factor with Film [W/m ² -K]
10D	MURO_EXTERIOR_ZB	0.30	1.070
10E	MURO_EXTERIOR_ZB	0.30	1.070
10F	MURO_EXTERIOR_ZB	0.30	1.070
119	MURO_EXTERIOR_ZB	0.30	1.070
11C	MURO_EXTERIOR_ZB	0.30	1.070
120	MURO_EXTERIOR_ZB	0.30	1.070
121	MURO_EXTERIOR_ZB	0.30	1.070
200	FORJADO_TERRENO_ZB	0.30	0.657
134	MURO_EXTERIOR_ZB	0.30	1.070

Figura 32. Ejemplo de valores de U definidos terciario (Fuente: Elaboración propia)

Finalmente, dado que los elementos que pueden aportar sombra al terciario se han definido en la geometría general del edificio, no es necesario definir ningún otro aspecto geométrico o constructivo para el modelado del terciario.

2.2.1. Cálculo de cargas/demandas energéticas

El modelado geométrico y constructivo del edificio terciario es similar al modelado del edificio residencial. Sin embargo, para el cálculo de cargas y demandas energéticas, tras consultar la normativa se identifican diferencias significativas.

A pesar de ello, el primer paso es el mismo, es decir, definir las temperaturas del terreno según la época del año. Para ello, igual que en el caso residencial, se considera que la temperatura del terreno es aproximadamente la misma que la del agua de red. Por tanto, se toman los datos del Anejo G del DB-HE para la provincia de Valencia y se introducen en el proyecto.

Valencia	13	10	11	12	13	15	17	19	20	18	16	13	11
Valladolid	8	6	9	0	10	12	15	18	19	16	12	0	7

Figura 33. Temperatura de agua de red (Fuente: Documento Básico del CTE)

Tras esto, en este caso es necesario definir la ocupación del edificio, para lo que se consulta el Documento Básico de Seguridad en caso de incendio, en adelante DB-SI. En el apartado 2. *Cálculo de la ocupación de este*, se definen las condiciones para calcular la ocupación.

De esta manera, en la *Tabla 2.1. Densidad de ocupación* se definen los valores de ocupación por m²/persona que, para el caso administrativo, es decir, plantas o zonas de oficinas, se establece un valor de 10 m²/persona, tal y como se muestra a continuación:

<i>Administrativo</i>	Plantas o zonas de oficinas	10
	Vestíbulos generales y zonas de uso público	2

Figura 34. Densidad de ocupación para oficinas (Fuente: DB-SI)

En este sentido, la superficie de uso del terciario es de 409 m², por lo que la ocupación según lo indicado anteriormente sería de 41 personas. Sin embargo, en el propio documento DB-SI se indica lo siguiente:

“Deben considerarse las posibles utilizaciones especiales y circunstanciales de determinadas zonas o recintos, cuando puedan suponer un aumento importante de la ocupación en comparación con la propia del uso normal previsto. En dichos casos se debe, o bien considerar dichos usos alternativos a efectos del diseño y cálculo de los elementos de evacuación, o bien dejar constancia, tanto en la documentación del proyecto, como en el Libro del edificio, de que las ocupaciones y los usos previstos han sido únicamente los característicos de la actividad”

De esta manera, tras consultarlo con la empresa que aportó la información del terciario, se indica que la ocupación diseñada en proyecto a efectos de diseño y cálculo de los elementos de evacuación, fue para 70 personas.

Por tanto, en este caso se decide emplear el valor indicado en el proyecto, por lo que se considera una ocupación de 70 personas.

Una vez definida la ocupación, el siguiente paso es **calcular el nivel de carga interna media** del terciario, que en el Anejo A del DB-HE se define como:

“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.”

“La carga interna media (C_{FI}) del edificio se obtiene ponderando por la superficie útil la carga interna media de cada espacio. Se expresa en W/m^2 ”

Asimismo, se en el Anejo A del DB-HE se indica la clasificación de esta:

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

Figura 35. Nivel de carga interna (Fuente: DB-HE)

Para el cálculo de dicha carga interna media, se indica que en la *Guía de aplicación del DB-HE 2019* se desarrolla un ejemplo de cálculo, por lo que se consulta dicho documento para la realización de dicho cálculo.

Así pues, el cálculo de la carga interna media tiene en cuenta tres fuentes de carga, por una parte, la debida a la ocupación del espacio, la debida a la iluminación y la debida a los equipos eléctricos.

El método que se debe emplear según la guía para calcula la carga interna de ocupación establece una actividad metabólica en función de la actividad. En la siguiente figura se muestran los valores considerados según la actividad extraídos de la norma UNE-EN ISO 8996:

Actividad metabólica en función de la actividad	Sensible (W/persona)	Latente (W/persona)	met
Durmiendo	50	25	0,76
Tumbado	55	30	0,86
Sentado, sin trabajar	65	35	1,0
De pie, relajado	75	55	1,3
Paseando	75	70	1,5
Andando:			
a 1,6 km/h	50	110	1,6
a 3,2 km/h	80	130	2,1
a 4,8 km/h	110	180	2,9
a 6,4 km/h	150	270	4,2
Bailando moderadamente	90	160	2,5
Atletica en gimnasio (hombres)	210	315	5,0
Atletica en gimnasio (mujeres)	185	280	
Deporte de equipo masculino (valor medio)	290	430	6,9
Deporte de equipo femenino (valor medio)	260	380	
Trabajos:			
Muy ligero, sentado	70	45	1,2
Moderado (en oficinas: valor medio)	75	55	1,3
Sedentario (restaurante, incluidas comidas)	80	80	-
Ligera de pie (industria ligera, de compras, etc)	70	90	1,6
Media de pie (trabajos domésticos, tiendas, etc)	80	120	2,0
Manual	80	140	2,1
Ligero (en fábrica, solo hombres)	110	185	2,8
Ligero (en fábrica, solo mujeres)	100	165	
Pesado (en fábrica, solo hombres)	170	255	4,0
Pesado (en fábrica, solo mujeres)	150	225	
Muy pesado (en fábrica, solo hombres)	185	285	4,5
Muy pesado (en fábrica, solo mujeres)	165	255	

Figura 36. Actividad metabólica en función de la actividad (Fuente: Guía de aplicación del DB-HE 2019)

Por lo que respecta a este caso, se trata de un trabajo de oficina, que se corresponde con trabajo moderador que establece los valores que se muestran en la figura anterior, es decir, un calor sensible de 75W/persona, un calor latente de 55W/persona y un met de 1.3, que es la unidad de medida del índice metabólico.

En cuanto a la carga interna de iluminación, la guía establece que se debe considerar la iluminación mínima en los lugares de trabajo que se establece en el *Anexo IV del Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo*.

Que establece los siguientes valores:

Zona o parte del lugar de trabajo (*)	Nivel mínimo de iluminación (lux)
Zonas donde se ejecuten tareas con:	
1.º Bajas exigencias visuales	100
2.º Exigencias visuales moderadas	200
3.º Exigencias visuales altas	500
4.º Exigencias visuales muy altas	1.000
Áreas o locales de uso ocasional	50
Áreas o locales de uso habitual	100
Vías de circulación de uso ocasional	25
Vías de circulación de uso habitual	50

Figura 37. Niveles mínimos de iluminación (Fuente: Real Decreto 486/1997, de 14 de abril)

En el caso de oficinas se establece un valor mínimo de 500 lux, dado que se encuentra dentro de las zonas con exigencias visuales altas.

Sin embargo, es necesario destacar que en este punto se identifica una incongruencia, dado que para el cálculo de la carga interna debido a la iluminación, el cálculo se realiza a partir de la iluminancia media, pero el Real Decreto 486/1997, de 14 de abril establece los valores mínimos.

En consecuencia, se atiende a la normativa UNE-EN 12464-1:2022, concretamente a la tabla 34, punto 34.2 donde se establecen los valores medios mínimos recomendados para oficinas, donde se indica un valor de 500 lux de media, tal y como se muestra a continuación:

Tabla 34 - Oficinas

Nº ref.	Tipo de tarea/área de actividad	\bar{E}_m lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,pared}$ lx	$\bar{E}_{m,techo}$ lx	Requisitos específicos
		requerido ^a	modificado ^b							
34.1	Archivo, copias, etc.	300	500	0,40	80	19	100	100	75	
34.2	Escritura, escritura a máquina, lectura, tratamiento de datos	500	1 000	0,60	80	19	150	150	100	Trabajo en DSE, véase 5.9 Luminosidad de la sala, véanse 6.7 y el anexo B La iluminación debería ser controlable, véase 6.2.4. Para las oficinas celulares más pequeñas, el requisito de la pared se aplica a la pared frontal Para otras paredes, se podría aceptar un requisito menor de un mínimo de 75 lx.

Figura 38. Iluminación media recomendada (Fuente: UNE-EN 12464-1:2022)

De esta manera, se toma el dato de 500 lux de valor medio para el cálculo de la carga interna debido a la iluminación. Además, la guía establece una eficiencia de las luminarias LED de 100 lm/W, por lo que a partir de la luminancia media, el valor de potencia para 500 lux de iluminancia media es de 5W/m², que es el valor que empleará para calcular las cargas internas de iluminación.

Iluminancia media (lux)	Potencia (W/m ²)
100	1
200	2
300	3
400	4
500	5
1000	10

Figura 39. Potencia por unidad de superficie según iluminancia media (Fuente: Guía de aplicación del DB-HE 2019)

Finalmente, para el cálculo de la carga interna de equipos, la guía indica unos valores de flujo medio de calor procedente de los equipos para usos típicos extraído de la UNE-EN ISO 13790:

Utilización del edificio	Índice medio del flujo de calor debido a los equipos (W/m ²)
Oficinas	3
Colegios, escuelas	1
Centros de salud	4
Centros de asistencia sanitaria, no clínico	3
Restauración	3
Tiendas	3
Salones de actos	1
Alojamiento, hospedaje	2
Prisiones, penitenciarías	2
Deportes	1

Figura 40. Flujo de calor medio de los equipos (Fuente: Guía de aplicación del DB-HE 2019)

En este caso, se toma el valor para oficinas, que se corresponde con un valor de 3W/m².

Una vez definidos los valores a considerar para el cálculo de la carga interna media, es necesario conocer la distribución de cargas en una semana tipo. Sin embargo, en la guía se indica que actualmente el CTE no dispone de perfiles normativos para usos específicos más allá del de vivienda.

Debido a ello, la guía sugiere emplear los recogidos en la normativa francesa *Méthode de calcul Th-BCE 2012*. Por lo que se consulta esta y se identifica el siguiente perfil de uso para oficinas:

Local N°1																									
nom du local	Bureau standard voir typologie																								
Rat I	0,6																								
taux d'occupation																									
occupant	0,1 Noccnom valeur pour l'heure maximale de l'année																								
	30 W/Nocc Chaleur moyenne dégagée par un occupant																								
	0,06 kg/h/Nocc Humidité dégagée par un occupant																								
ratio Nocc moy/Nocc nom valeur comprise entre 0 et 1 (= 0 en inocc)																									
jour V / heure >	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,57	1	1	1	0,57	0,57	1	1	1	0,57	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0,57	1	1	1	0,57	0,57	1	1	1	0,57	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0,57	1	1	1	0,57	0,57	1	1	1	0,57	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0,57	1	1	1	0,57	0,57	1	1	1	0,57	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0,57	1	1	1	0,57	0,57	1	1	1	0,57	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
facteur correctif de la semaine (0 à 1)																									
semaine/mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12													
1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	1	1	1	1													
2	1	1	1	0,5	1	1	1	0,5	1	1	1	1													
3	1	1	1	1	1	1	1	0,5	1	1	1	1													
4	1	1	1	1	1	1	1	0,5	1	1	1	0,5													
5			1		1			1				1													
Apports de chaleur hors occupants et éclairage																									
	m ² unité par ex surface du local																								
	16 Watts/unité valeur pour l'heure maximale de l'année																								

Figura 41. Perfil de ocupación para oficinas estándar (Fuente: Annexe Méthode de calcul Th-BCE 2012)

En este sentido, si bien el perfil es referente a la ocupación, el *Méthode de calcul Th-BCE 2012* y la *Guía de aplicación del DB-HE 2019*, establecen el mismo perfil tanto para iluminación como para los equipos.

De esta manera, mediante todos los datos y el perfil de uso, se calcula la carga interna media del terciario y se obtiene un valor C_{Fi} de $5.13W/m^2$, por lo que según la clasificación de la Figura 35, se trata de una **carga interna baja**.

El cálculo de esta carga interna es necesario debido a que el Anejo D del DB-HE establece que para las condiciones operacionales y de perfil de uso de usos distintos al residencial:

“En el Documento Reconocido de la Certificación energética de edificios que establece las Condiciones técnicas de los procedimientos para la evaluación de la eficiencia energética de los edificios, se define un conjunto de perfiles normalizados caracterizados por el uso, la carga interna (baja, media o alta) y el periodo de utilización (8, 12, 16 y 24h).”

Por tanto, atendiendo a este, para un uso de 12h, en la tabla 8 de dicho documento se establecen las siguientes condiciones operacionales y perfiles de uso:

Tabla 8: Condiciones operacionales y perfil de uso para espacios de uso no residencial, 12h

NO RESIDENCIAL 12h		Nivel de carga interna								
		BAJA			MEDIA			ALTA		
		1-6 15-16 21-24	7-14	17-20	1-6 15-16 21-24	7-14	17-20	1-6 15-16 21-24	7-14	17-20
Temp. consigna alta (°C)	Laboral y sábado	-	25	25	-	25	25	-	25	25
	Festivo	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Temp. consigna baja (°C)	Laboral y sábado	-	20	20	-	20	20	-	20	20
	Festivo	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ocupación sensible (W/m^2)	Laboral	0,00	2,00	2,00	0,00	6,00	6,00	0,00	10,00	10,00
	Sábado	0,00	2,00	0,00	0,00	6,00	0,00	0,00	10,00	0,00
	Festivo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ocupación latente (W/m^2)	Laboral	0,00	1,26	1,26	0,00	3,79	3,79	0,00	6,31	6,31
	Sábado	0,00	1,26	0,00	0,00	3,79	0,00	0,00	6,31	0,00
	Festivo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Iluminación (%)	Laboral	0	100	100	0	100	100	0	100	100
	Sábado	0	100	0	0	100	0	0	100	0
	Festivo	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Equipos (W/m^2)	Laboral	0,00	1,50	1,50	0,00	4,50	4,50	0,00	7,50	7,50
	Sábado	0,00	1,50	0,00	0,00	4,50	0,00	0,00	7,50	0,00
	Festivo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ventilación (%)	Laboral	0	100	100	0	100	100	0	100	100
	Sábado	0	100	0	0	100	0	0	100	0
	Festivo	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 42. Condiciones operacionales y perfil de uso no residencial 12h (Fuente: Condiciones técnicas de los procedimientos para la evaluación de la eficiencia energética)

De las condiciones operacionales y perfiles de uso indicados, se puede observar que no distingue estaciones como en el caso de residencial, por lo que los sistemas de calefacción y refrigeración podrán trabajar en todas los meses del año según las condiciones del local.

Para ello, en el apartado *Schedule:Compact* se definen los horarios y valores que permitan realizar los cálculos según lo indicado en la Figura 42. Definiéndose las temperaturas de consignas altas y bajas tal, así como los perfiles de calefacción, refrigeración, ocupación y debido a la iluminación, que será el que se emplee también en los equipos eléctricos, como se muestra en la siguiente figura:

Obj8	Obj9	Obj10	Obj11	Obj12	Obj14
RITE-sch-HIGH	RITE-sch-LOW	RITE-sch-COOLING	RITE-sch-HEATING	RITE-Sche-People	RITE-Lighting
Temperature	Temperature	On/Off	On/Off	Fraction	Fraction
Through: 12/31	Through: 12/31	Through: 12/31	Through: 12/31	Through: 12/31	Through: 12/31
For: AllDays	For: AllDays	For: AllDays	For: AllDays	For: SummerDesign	For: WinterDesignD
Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 7:00	Until: 7:00	Until: 7:00	Until: 24:00
25	20	0	0	0	0
		Until: 14:00	Until: 14:00	Until: 14:00	For: AllOtherDays
		1	1	1	Until: 7:00
		Until: 17:00	Until: 17:00	Until: 17:00	0
		0	0	0	Until: 14:00
		Until: 20:00	Until: 20:00	Until: 20:00	1
		1	1	1	Until: 17:00
		Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 24:00	0
		0	0	0	Until: 20:00
				For: WinterDesignD	1
				Until: 7:00	Until: 24:00
				0	0
				Until: 14:00	
				.1	
				Until: 17:00	

Figura 43. Ejemplo programación de perfiles y condiciones operacionales (Fuente: Elaboración propia)

Al igual que en el caso anterior, también es necesario introducir los denominados días de diseño en base a la *Guía técnica. Condiciones climáticas exteriores de proyecto*, tal y como se ha detallado en el caso residencial.

En este caso, el terciario se encuentra ubicado en Valencia, por lo que acudiendo a dicha guía se obtienen los datos climáticos para la estación meteorológica ubicada en Valencia:

Provincia	Estación		Indicativo				
Valencia	Valencia		8416				
UBICACIÓN: CENTRO CIUDAD			Nº DE OBSERVACIONES Y PERIODO				
a.s.n.m. (m)	Lat.	Long.	T seca	Hum. relativa	T terreno	Rad	
11	39°28'50"	00°21'59" W	77.561	12.843	4.741		
CONDICIONES PROYECTO CALEFACCIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÍNIMA)							
TSMIN (°C)	TS_99,6 (°C)	TS_99 (°C)	OMDC (°C)	HUMcoin (%)	OMA (°C)		
-1,6	4,4	5,5	10,9	73,1	28,5		
CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÁXIMA)							
TSMAX (°C)	TS_0,4 (°C)	THC_0,4 (°C)	TS_1 (°C)	THC_1 (°C)	TS_2 (°C)	THC_2 (°C)	OMDR (°C)
40,3	32,9	22,3	31,3	22,6	30,2	23,3	12,3
CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA HÚMEDA EXTERIOR MÁXIMA)							
TH_0,4 (°C)	TSC_0,4 (°C)	TH_1 (°C)	TSC_1 (°C)	TH_2 (°C)	TSC_2 (°C)		
26,0	26,0	25,5	25,5	25,0	25,0		
VALORES MEDIOS MENSUALES							
Mes	TA (°C)	TASOL (°C)	GD_15 (°C)	GD_20	GDR_20	RADH (kWh/m² día)	TTERR (°C)
Enero	11,8	13,9	117	256	1		
Febrero	12,5	14,6	90	214	2		
Marzo	14,8	16,7	53	169	9		
Abril	16,4	18,1	24	118	11		
Mayo	19,4	20,9	5	55	38		
Junio	23,5	25,0	0	6	112		
Julio	25,8	27,2	0	1	181		
Agosto	26,4	27,8	0	0	198		
Septiembre	23,7	25,4	0	5	115		
Octubre	20,0	22,2	3	45	47		
Noviembre	14,8	17,0	49	160	5		
Diciembre	12,1	14,2	98	226	1		

Figura 44. Datos climatológicos Valencia (Fuente: Guía técnica. Condiciones climáticas exteriores de proyecto)

También se obtienen los datos de velocidad y dirección principal del viento, siendo los siguientes datos:

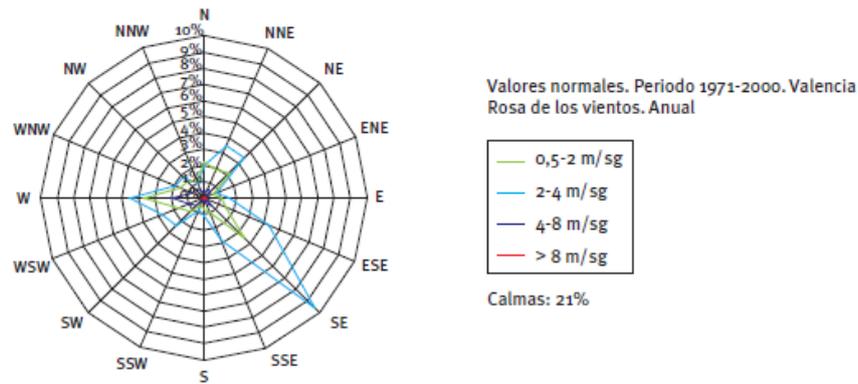


Figura 45. Datos de velocidad y dirección del viento Valencia (Fuente: Guía técnica. Condiciones climáticas exteriores de proyecto)

Por tanto, al igual que en el caso anterior, tras identificar los datos meteorológicos, se definen los días de diseño, donde se estiman los días de peores condiciones climáticas en base al histórico definido en la *Guía técnica. Condiciones climáticas exteriores de proyecto*.

Así pues, para la definición del **día de diseño de verano**, se toman las temperaturas TS_04 y TH_04 de la guía anterior, que indica las temperaturas con un nivel percentil del 0.4%, por lo que en este caso fue necesario utilizar el dato de 32.9°C de temperatura seca y el dato de 22.3°C en el caso de la húmeda, así como una oscilación media diaria de 12.3°C.

Por otra parte, en el caso del **día de diseño de invierno**, dado que los datos dados por la guía son diferentes, es necesario tomar en cuenta primero una oscilación media diaria de 10.9°C y una temperatura con un nivel percentil del 99.6%, por lo que para obtener el dato del percentil del 0.4% fue necesario sumar esta oscilación a dicho valor, obteniéndose 15.3°C de temperatura seca.

Además, dado que la guía solo indica el valor del porcentaje de humedad, con la ayuda del software SICRO se ha calculado, junto con el de la temperatura seca, el ratio de humedad, obteniéndose el valor de 0.0038 kg_{Agua}/kg_{Aire_seco}.

A continuación, se muestran los datos introducidos en EnergyPlus:

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		summer VLC	winter VLC
Month		8	1
Day of Month		15	15
Day Type		SummerDesignDay	WinterDesignDay
Maximum Dry-Bulb Temperature	C	32,9	15,3
Daily Dry-Bulb Temperature Range	deltaC	12,3	10,9
Dry-Bulb Temperature Range Modifier Type		DefaultMultipliers	DefaultMultipliers
Dry-Bulb Temperature Range Modifier Day Schedule N.			
Humidity Condition Type		WetBulb	HumidityRatio
Wetbulb or DewPoint at Maximum Dry-Bulb	C	22,3	
Humidity Condition Day Schedule Name			
Humidity Ratio at Maximum Dry-Bulb	kgWater/kgDryA		0,0038
Enthalpy at Maximum Dry-Bulb	J/kg		
Daily Wet-Bulb Temperature Range	deltaC		
Barometric Pressure	Pa		
Wind Speed	m/s	3	3
Wind Direction	deg	135	135
Rain Indicator		No	No
Snow Indicator		No	No
Daylight Saving Time Indicator		No	No
Solar Model Indicator		ASHRAEClearSky	ASHRAEClearSky
Beam Solar Day Schedule Name			
Diffuse Solar Day Schedule Name			
ASHRAE Clear Sky Optical Depth for Beam Irradiance (dimensionless		
ASHRAE Clear Sky Optical Depth for Diffuse Irradiance	dimensionless		
Sky Clearness		1,1	0,1

Figura 46. Días de diseño terciario (Fuente: Elaboración propia)

Una vez definidos tanto los perfiles y condiciones de uso, como los días de diseño del terciario, el siguiente paso es programar los valores de las cargas internas, es decir, cargas debido a la ocupación, la iluminación y los equipos eléctricos.

En cuanto a la carga por ocupación, si bien en la Figura 42 se establecen los valores de ocupación sensible y latente por W/m², el número de personas que ocupan el espacio está fijado por el proyecto, que como se ha comentado anteriormente es de 70 personas. Por tanto, es necesario cambiar la forma de indicar estos datos en el EnergyPlus, fijando el valor en 70.

Asimismo, por lo que respecta al valor de fracción sensible, se realizan las mismas consideraciones que en el caso residencial, por lo que se obtienen resultados similares:

$$Carga\ sensible = 2 \frac{W}{m^2}; Carga\ latente = 1.26 \frac{W}{m^2}$$

$$Carga\ Total = Carga\ sensible + Carga\ latente = 3.26 \frac{W}{m^2}$$

$$Fracción\ sensible = \frac{Carga\ sensible}{Carga\ Total} = 0.613$$

En el caso del valor de fracción radiante se sigue empleando el valor obtenido en la consideración realizada en el apartado del edificio residencial, por lo que se sigue considerando un valor de 0.52.

A diferencia del caso anterior, en el modelo del edificio terciario es necesario tener en cuenta las cargas internas de los vecinos, ya que pueden variar los resultados obtenido.

En consecuencia, para los vecinos, dado que se trata de viviendas residenciales, se consideran los mismos valores que en el caso residencial descrito anteriormente. Por tanto, se introducen estos datos en el software EnergyPlus. A continuación, se indica una muestra de los datos introducidos para la carga debido a la ocupación:

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6
Name		Ocupantes_P1_E1	Ocupantes_vecino	Ocupantes_vecino	Ocupantes_vecino	Ocupantes_vecino	Ocupantes_vecino
Zone or ZoneList Name		P1_E1	vecino[[1]]	vecino[[2]]	vecino[[3]]	vecino[[4]]	vecino[[5]]
Number of People Schedule Name		RITE-Sche-People	CTE-Sche-People	CTE-Sche-People	CTE-Sche-People	CTE-Sche-People	CTE-Sche-People
Number of People Calculation Method		People	Area/Person	Area/Person	Area/Person	Area/Person	Area/Person
Number of People		70					
People per Zone Floor Area	person/m2						
Zone Floor Area per Person	m2/person		28,5	28,5	28,5	28,5	28,5
Fraction Radiant		0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52
Sensible Heat Fraction		0,6125	0,6125	0,6125	0,6125	0,6125	0,6125
Activity Level Schedule Name		Activity_P1_E1	Activity_vecino[[1]]	Activity_vecino[[2]]	Activity_vecino[[3]]	Activity_vecino[[4]]	Activity_vecino[[5]]
Carbon Dioxide Generation Rate	m3/s*w	0,0000000382	0,0000000382	0,0000000382	0,0000000382	0,0000000382	0,0000000382
Enable ASHRAE 55 Comfort Warnings		No	No	No	No	No	No
Mean Radiant Temperature Calculation Type		ZoneAveraged	ZoneAveraged	ZoneAveraged	ZoneAveraged	ZoneAveraged	ZoneAveraged

Figura 47. Ejemplo de datos de cálculo por ocupación de personas terciario (Fuente: Elaboración propia)

Finalmente, por lo que respecta a las cargas por iluminación, dado que no se especifica un valor en la guía, se utiliza el considerado para realizar el cálculo de la carga interna media, es decir, $5W/m^2$.

Por otra parte, se identifica una incongruencia con los datos de carga por equipos eléctricos, ya que los perfiles para carga indican un valor de $1.5W/m^2$, sin embargo, para el cálculo de la carga interna media y, concretamente, para oficinas, la UNE-EN ISO 13790 indica un valor de $3W/m^2$. En consecuencia, se decide emplear el segundo al ser más restrictivo.

En el caso de los vecinos, se utilizan los mismos datos que en el residencial anteriormente descrito. A continuación, se muestra a modo de ejemplo, algunos de los datos introducidos para las cargas internas por iluminación y equipos:

Field	Units	Obj1	Obj2	Field	Units	Obj1	Obj2
Name		Luces_P1_E1	Luces_vecino[[1]]	Name		Equipos_P1_E1	Equipos_vecino[[1]]
Zone or ZoneList Name		P1_E1	vecino[[1]]	Zone or ZoneList Name		P1_E1	vecino[[1]]
Schedule Name		RITE-Lighting	CTE-Lighting	Schedule Name		RITE-Lighting	CTE-Lighting
Design Level Calculation Method		Watts/Area	Watts/Area	Design Level Calculation Method		Watts/Area	Watts/Area
Lighting Level	W			Design Level	W		
Watts per Zone Floor Area	W/m2	5	4,4	Watts per Zone Floor Area	W/m2	3	4,4
Watts per Person	W/person			Watts per Person	W/person		
Return Air Fraction				Fraction Latent		0	0
Fraction Radiant				Fraction Radiant		0,5	0,5
Fraction Visible				Fraction Lost		0	0
Fraction Replaceable		1	1	End-Use Subcategory		General	General

Figura 48. Datos cálculo cargas iluminación/equipos terciario (Fuente: Elaboración propia)

2.2.2. Prediseño de las instalaciones

Tras definir todos los perfiles y valores que se consideran para el cálculo de las cargas internas, del mismo modo que en el caso anterior, el siguiente paso es definir las condiciones de operación básicas del sistema de climatización ideal que considerará el software EnergyPlus.

Mediante este, se pretende aproximar las potencias pico necesarias de los sistemas de refrigeración y calefacción necesarios en base a las características del terciario y los condicionantes programados en base a la normativa específica.

Por tanto, tal y como se muestra en la Figura 43, se ha programado una temperatura de consigna alta y una temperatura de consigna baja. En este caso, la temperatura de consigna baja y el perfil de calefacción son las condiciones de operación y perfil a seguir para el accionamiento del sistema de calefacción. A diferencia del caso terciario estas no están limitadas por meses del año y únicamente atienden a las temperaturas internas del local y las horas de funcionamiento.

De esta manera, la **temperatura de consigna baja es de 20°C** desde las 7:00 hasta las 14:00 y desde las 17:00 hasta las 20:00. Por tanto, en caso de que el local se encuentre por debajo de esta, encenderá el sistema de calefacción.

Por su parte, la **temperatura de consigna alta es de 25°C** con los mismos horarios que la de consigna. Así pues, si la temperatura del local supera este valor, se activará el sistema de refrigeración.

Por tanto, una vez creados estos perfiles, se crea un termostato, denominado **TERMOSTATO_Terciario**, que actuará según las condiciones indicados en estos:

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		TERMOSTATO_20	TERMOSTATO_TE
Heating Setpoint Schedule Name			RITE-sch-LQW
Constant Heating Setpoint	C	20	
Cooling Setpoint Schedule Name			RITE-sch-HIGH
Constant Cooling Setpoint	C	25	

Figura 49. Termostato creado terciario (Fuente: Elaboración propia)

Por lo que respecta a la ventilación, el Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, establece una serie de valores para edificios de uso no residencial, indicando lo siguiente:

“El resto de edificios dispondrá de un sistema de ventilación para el aporte del suficiente caudal de aire exterior que evite, en los distintos locales en los que se realice alguna actividad humana, la formación de elevadas concentraciones de contaminantes, de acuerdo con lo que se establece en el apartado 1.4.2.2 y siguientes. A los efectos de cumplimiento de este apartado se considera válido lo establecido en el procedimiento de la UNE-EN 13779.”

En el apartado 1.4.2.2 se establecen las categorías IDA (categoría del aire interior). En el caso de oficinas, el Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, exige un valor IDA 2, es decir, aire de buena calidad.

Si bien se establecen más métodos para calcular la renovación de aire del terciario, se selecciona el método indirecto de caudal de aire exterior por persona, ya que se establece que se puede calcular por cualquier de los cinco métodos indicados. Mediante este método, se establece un valor IDA 2 de caudal de aire exterior de 12,5 dm³/s por persona, tal y como se muestra en la siguiente figura:

Categoría	dm ³ /s por persona
IDA 1	20
IDA 2	12,5
IDA 3	8
IDA 4	5

Figura 50. Caudales de aire exterior (Fuente: Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio)

Por tanto, para caudal de ventilación, se introduce en el EnergyPlus el valor indicado, dejando el valor de 0,63 renovaciones/hora para el caso de los vecinos residenciales, tal y como se muestra en la siguiente figura:

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		Ventilacion_P1_E1	Ventilacion_vecino[
Outdoor Air Method		Flow/Person	AirChanges/Hour
Outdoor Air Flow per Person	m3/s-person	0,0125	
Outdoor Air Flow per Zone Floor Area	m3/s-m2		
Outdoor Air Flow per Zone	m3/s		
Outdoor Air Flow Air Changes per Hour	1/hr		0,63
Outdoor Air Schedule Name			
Proportional Control Minimum Outdoor Air Flow Rate Scl			

Figura 51. Ventilación programada terciario (Fuente: Elaboración propia)

Finalmente, igual que en el caso residencial, se define un sistema de climatización ideal con todos los condicionantes en cuanto a termostato y ventilación indicados, así como el perfil de uso de refrigeración y calefacción definidos y que, tal y como se muestra en la Figura 52, se programan con los nombres de *RITE-sch-HEATING* y *RITE-sch-COOLING*.

Además de esto, en este caso también se limitan las temperaturas de suministro, ya que, tal y como se comenta en el caso residencial, no son necesarias temperaturas de suministro tan extremas. Debido a ello, también se cambian ambos valores a unos valores de temperatura de suministro del aire máxima de 35°C y una mínima de 18°C.

A continuación, se muestra la definición del sistema de climatización ideal con los condicionantes anteriormente descritos:

Field	Units	Obj1
Zone Name		P1_E1
Template Thermostat Name		TERMOSTATO_TE
System Availability Schedule Name		
Maximum Heating Supply Air Temperature	C	35
Minimum Cooling Supply Air Temperature	C	18
Maximum Heating Supply Air Humidity Ratio	kgWater/kgDryA	
Minimum Cooling Supply Air Humidity Ratio	kgWater/kgDryA	
Heating Limit		
Maximum Heating Air Flow Rate	m3/s	
Maximum Sensible Heating Capacity	W	
Cooling Limit		
Maximum Cooling Air Flow Rate	m3/s	
Maximum Total Cooling Capacity	W	
Heating Availability Schedule Name		RITE-sch-HEATING
Cooling Availability Schedule Name		RITE-sch-COOLING
Dehumidification Control Type		
Cooling Sensible Heat Ratio	dimensionless	
Dehumidification Setpoint	percent	
Humidification Control Type		
Humidification Setpoint	percent	
Outdoor Air Method		DetailedSpecificatio
Outdoor Air Flow Rate per Person	m3/s	
Outdoor Air Flow Rate per Zone Floor Area	m3/s-m2	
Outdoor Air Flow Rate per Zone	m3/s	
Design Specification Outdoor Air Object Name		Ventilacion_P1_E1
Demand Controlled Ventilation Type		
Outdoor Air Economizer Type		
Heat Recovery Type		
Sensible Heat Recovery Effectiveness	dimensionless	
Latent Heat Recovery Effectiveness	dimensionless	

Figura 52. Sistema de climatización programado terciario (Fuente: Elaboración propia)

2.2.3. Resultados obtenidos

Tras la definición de todas las características geométricas y constructivas del modelo del bajo terciario, así como identificar y determinar las cargas a considerar en este, se lleva a cabo la simulación del sistema mediante el software EnergyPlus.

Del mismo modo que se lleva a cabo para el residencial anteriormente descrito, se identifican las potencias necesarias del sistema de climatización en base a las características del terciario. Con este fin, se emplean los días de diseño que, según la *Guía técnica. Condiciones climáticas exteriores de proyecto*, se corresponde con los días con condiciones climáticas más extremas.

Por tanto, para definir la potencia de refrigeración necesaria en el terciario, que posteriormente se utilizará para la certificación en el software CERMA, se seleccionan los resultados para el día de diseño de verano, o *SUMMER VLC*, donde se deben observar dos apartados, el de potencia máxima del caudal total de aire de impulsión para refrigeración y el correspondiente al calor sensible.

En las siguientes figuras se muestran los resultados obtenidos para la potencia total de refrigeración:

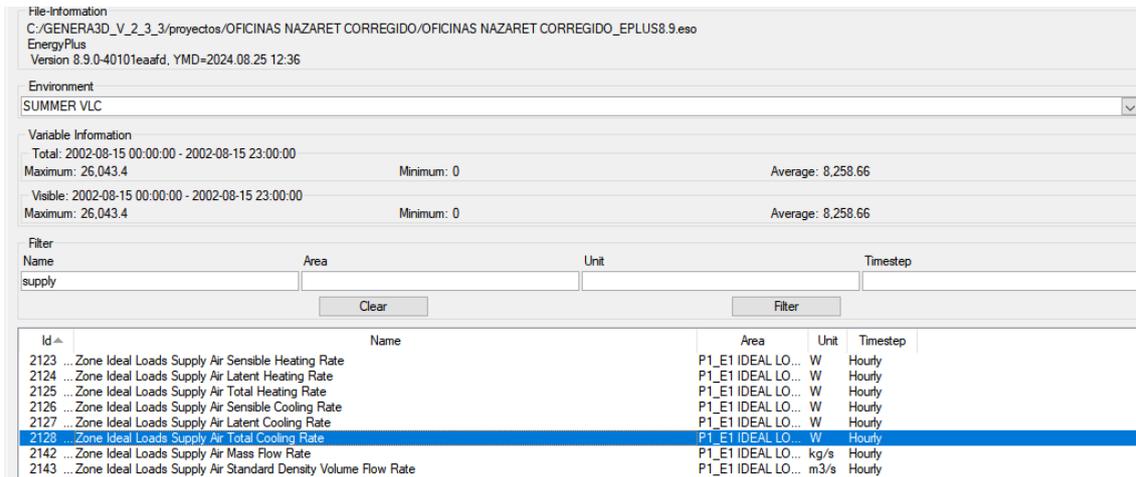


Figura 53. Pot. total de refrigeración máxima terciario (Fuente: Resultados EnergyPlus)

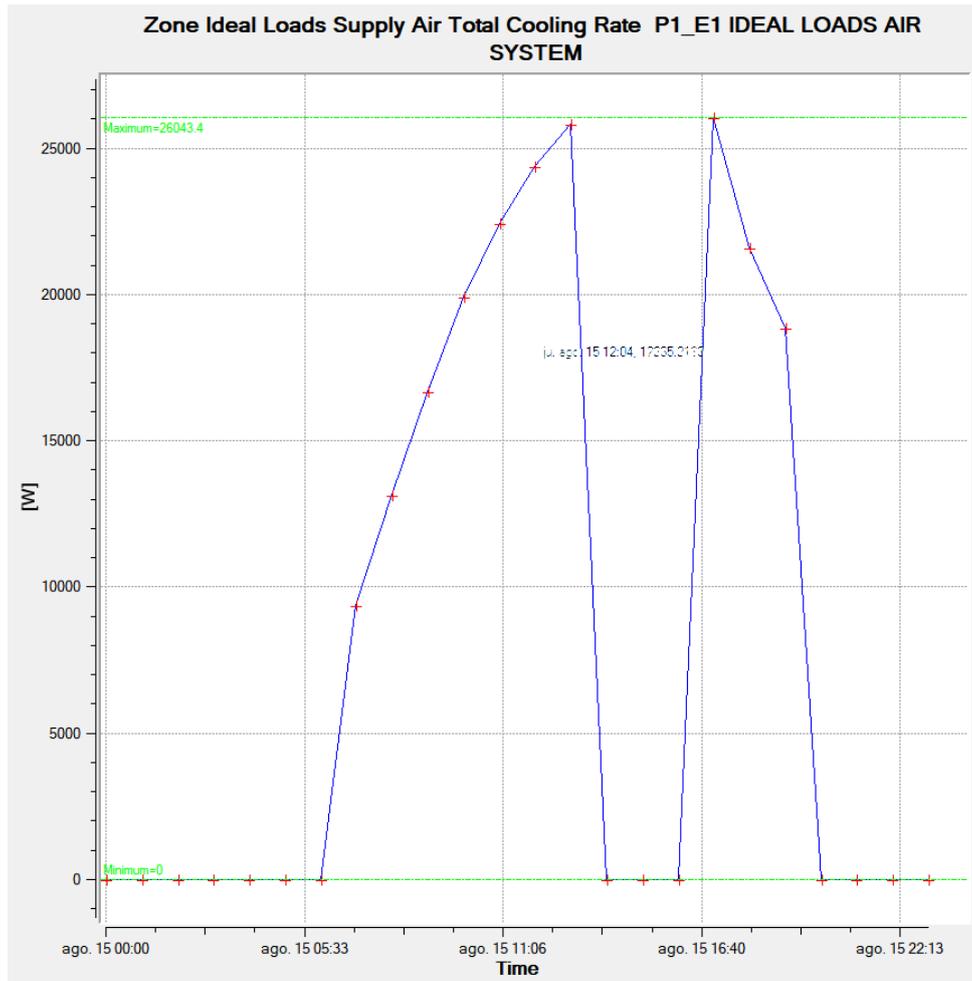


Figura 54. Gráfico pot. máx. refrigeración total terciario (Fuente: Resultados EnergyPlus)

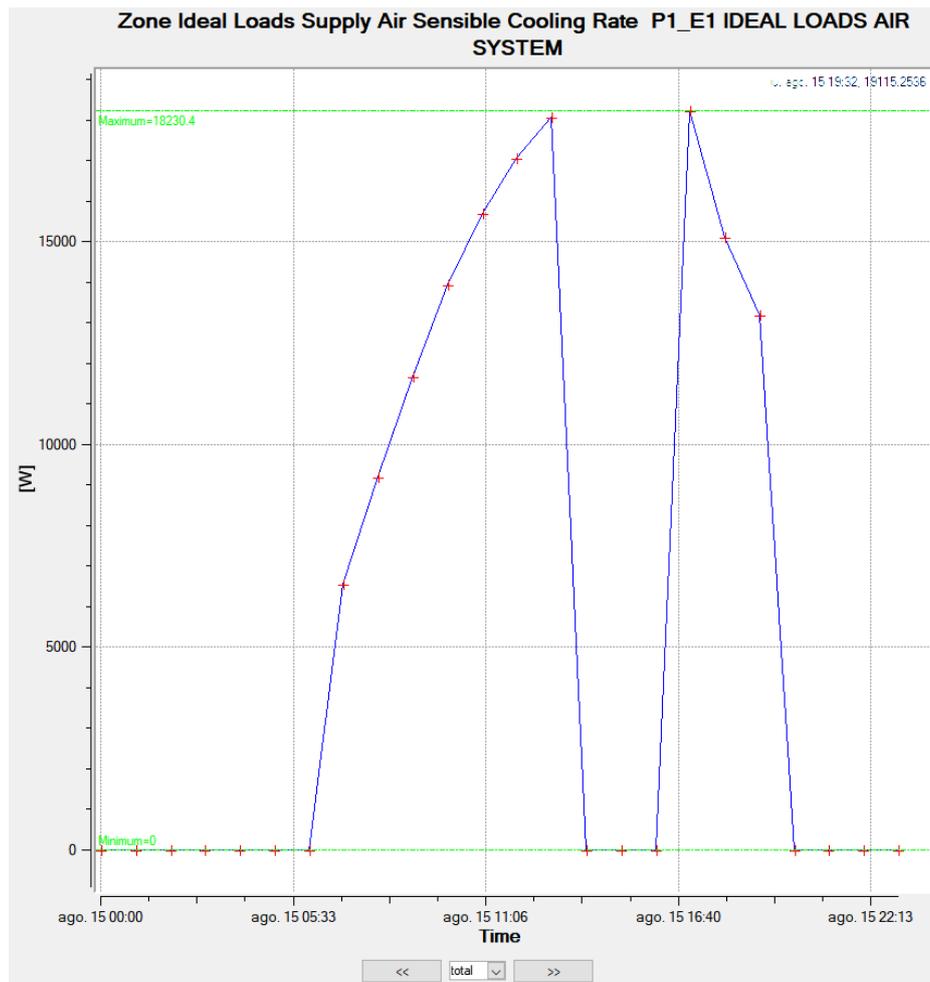


Figura 55. Gráfico pot. máx. refrigeración sensible terciario (Fuente: Resultados EnergyPlus)

Se puede observar que la potencia máxima total de refrigeración necesaria en el terciario en el día de diseño de verano es de 26.43kW, que por seguridad se redondeará a 27kW, de las cuales 18.2kW se corresponden con potencia sensible de refrigeración.

Por su parte, la potencia total de calefacción máxima necesaria según el cálculo en el día de diseño de invierno, o *WINTER VLC*, en el terciario se corresponde con 35W, tal y como se muestra en las siguientes figura:

Environment				
WINTER VLC				
Variable Information				
Total: 2004-01-15 00:00:00 - 2004-01-15 23:00:00				
Maximum: 34,237.3		Minimum: 0		Average: 9,122.23
Visible: 2004-01-15 00:00:00 - 2004-01-15 23:00:00				
Maximum: 34,237.3		Minimum: 0		Average: 9,122.23
Filter				
Name	Area	Unit	Timestep	
supply				
Clear Filter				
Id	Name	Area	Unit	Timestep
2123	... Zone Ideal Loads Supply Air Sensible Heating Rate	P1_E1 IDEAL LO...	W	Hourly
2124	... Zone Ideal Loads Supply Air Latent Heating Rate	P1_E1 IDEAL LO...	W	Hourly
2125	... Zone Ideal Loads Supply Air Total Heating Rate	P1_E1 IDEAL LO...	W	Hourly
2126	... Zone Ideal Loads Supply Air Sensible Cooling Rate	P1_E1 IDEAL LO...	W	Hourly
2127	... Zone Ideal Loads Supply Air Latent Cooling Rate	P1_E1 IDEAL LO...	W	Hourly
2128	... Zone Ideal Loads Supply Air Total Cooling Rate	P1_E1 IDEAL LO...	W	Hourly
2142	... Zone Ideal Loads Supply Air Mass Flow Rate	P1_E1 IDEAL LO...	kg/s	Hourly
2143	... Zone Ideal Loads Supply Air Standard Density Volume Flow Rate	P1_E1 IDEAL LO...	m3/s	Hourly

Figura 56. Pot. total de calefacción máxima terciario (Fuente: Resultados EnergyPlus)

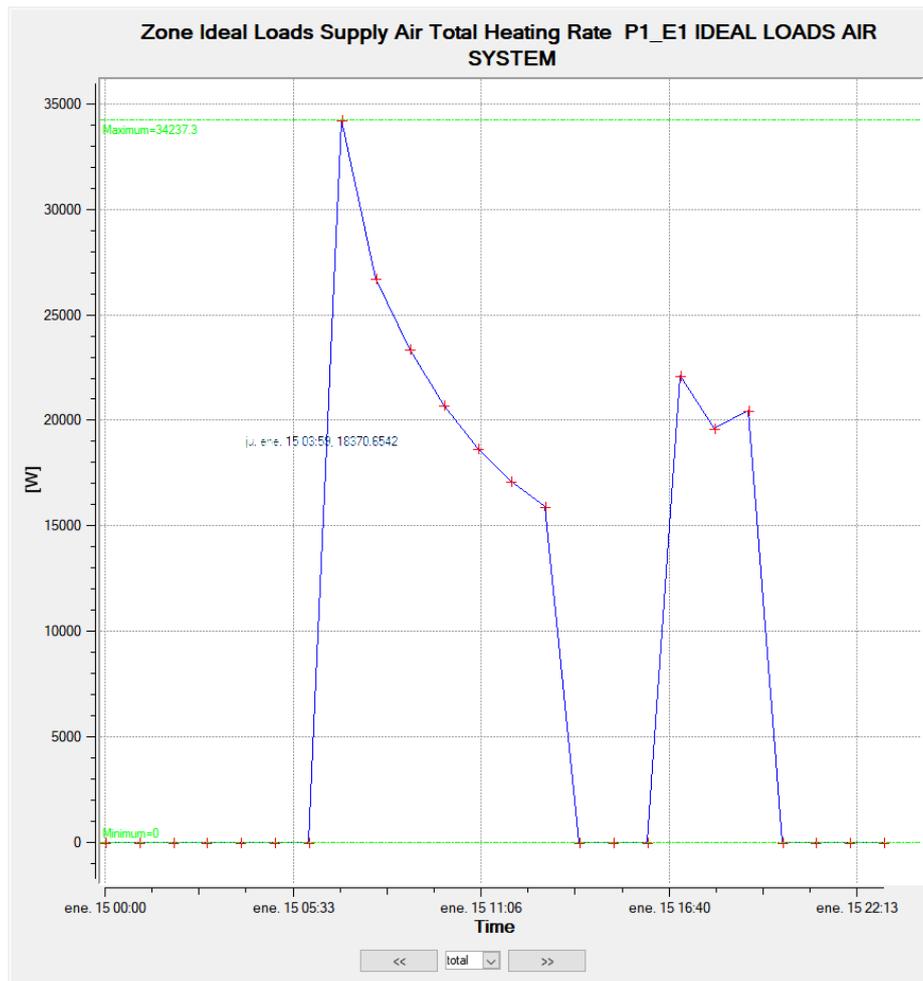


Figura 57. Gráfica pot. máx. calefacción total terciario (Fuente: Resultados EnergyPlus)

En este caso, se observa una diferencia fundamental respecto al caso del residencial, ya que, en este, por las características constructivas, cargas internas, no contar con sombras que pudiesen afectar a los resultados, se obtenían casualmente las mismas potencias necesarias en ambos casos.

Sin embargo, en el caso terciario la potencia de refrigeración necesaria es mayor, casi un 30%. Además, tanto para la refrigeración como para la calefacción, la relación potencia/superficie se encuentra fuera de los valores comunes, como ocurre en el caso terciario.

Por tanto, se plantea que las consideraciones realizadas en el caso residencial también aplican al terciario:

- El valor y las condiciones de operación de las cargas internas son obtenidas de las indicaciones realizadas por el CTE en su DB-HE. Sin embargo, son condiciones teóricas que no tiene por qué corresponderse con condiciones reales.
- Las condiciones climatológicas de la *Guía técnica. Condiciones climáticas exteriores de proyecto*, parte de datos históricos tomados en el período 1998-2007. Por tanto, si bien es una muestra de casi 10 años, es posible que las condiciones exteriores no se

encuentren cercanas a la realidad actual, en especial, en aspectos como puede ser la humedad, que como se verá más adelante, ha ido aumentando en las últimas décadas.

- El sistema calculado por el software EnergyPlus considera un sistema ideal, por lo que es posible que no se tengan en cuenta ciertas pérdidas térmicas que ocurrirían en un sistema real.

Además, en este caso se suma que se trata de un terciario ubicado en el bajo de un edificio que, por su orientación, no recibe prácticamente sol directo en todo el año, ya que se encuentra rodeado de edificios que bloquean este, lo que afecta directamente a la demanda de refrigeración.

Por otra parte, las consideraciones de ventilación indicadas en el Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, son bastante más exigentes que en el caso de las 0,63 renovaciones/hora estándar de las viviendas.

Asimismo, el terciario parte de un situación de aislamiento mejor que en el caso residencial, lo que afecta directamente a las demandas de climatización.

En consecuencia, se considera que estos aspectos pueden afectar tanto al ratio de potencia/superficie, como a la diferencia que se observa entre las potencias de calefacción y refrigeración dentro de este.

A continuación, se detalla, a modo resumen, las potencias necesarias de las instalaciones de refrigeración/calefacción:

Tabla 5. Resumen valores potencia instalaciones terciario (Fuente: Elaboración propia)

Tipo de instalación	Potencia total (kW)	Potencia total (kW)
Instalación de refrigeración	27	18.20
Instalación calefacción	35	35

3. CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

En este apartado se describen los trabajos realizados para la certificación energética de los dos edificios considerados, por una parte, una vivienda unifamiliar de construcción antigua sin reforma y, por otra, un bajo de un edificio cuyo uso es unas oficinas con reforma del 2010.

Por tanto, el método a seguir para realizar la certificación de estos edificios es describir la introducción de todos los datos relevantes para la certificación de estos y ver los resultados obtenidos en los casos base.

Tras esto, se plantean mejoras en la envolvente de estos para cumplir el Código Técnico vigente, para lo que es necesario volver al EnergyPlus, aplicar dichas mejoras y volver a ver los resultados de potencias de refrigeración y calefacción necesarias.

Posteriormente, se realizan nuevamente las certificaciones de estos dos edificios tras las mejoras y se observan los resultados obtenidos.

Finalmente, se modifican los datos meteorológicos empleados en el software CERMA para ver los resultados obtenidos con estos mismos edificios, tras las modificaciones realizadas para cumplir el CTE, valorando que cambios se han identificado en estos tras realizar las modificaciones en los datos climáticos.

3.1. Calificación energética estándar de los edificios base

3.1.1. Edificio residencial

En primer lugar, se realiza la certificación de la vivienda unifamiliar, que se caracteriza por ser construida en el 1970 y no contar con una reforma desde su construcción. Debido a ello, tal y como se comentado en el apartado referente a su modelado en el EnergyPlus, se considera que la legislación aplicable a esta para su construcción se corresponde a la anterior al NBE CT79.

De esta manera, aparte de tener este aspecto en cuenta, es necesario indicar en el software CERMA la provincia y el municipio de localización de la vivienda, ya que así se selecciona la zona climática y, en consecuencia, el clima exterior a emplear para el cálculo.

Edificio (campos obligatorios en Certificación Energética)			
Nombre edificio:	Unifamiliar Gata de Gorgos		
Ref. catastral/s:	7268920BC4976N0001TU		
Año construcción:	1970	Legislación_aplicable:	Anterior a NBE CT79
Dirección:	PD QUADROS DELS 23		
Provincia:	Alicante/Alacant	Municipio:	Gata de Gorgos
		CP:	
		Comunidad Autónoma:	Comunidad Valenciana
		latitud(°):	38,77
	<input checked="" type="radio"/> Presión total 101325 Pa		
	<input type="radio"/> Pt=(a.s.n.m) 100310 Pa	a.s.n.m.:	85
		<input type="checkbox"/> Modificar Zona climática	
		Zona climática (HE1):	B4
		Radiación:	V

Figura 58. Datos generales del edificio residencial (Fuente: Elaboración propia)

Tras esto, se rellenan las características globales del edificio, indicándose que cuenta con una única planta, una superficie habitable de 150 m² y un volumen total de 390 m³. Asimismo, se indican los valores del número de dormitorios, espacios de estar-comedor y nº de cuartos de baño+cocina, a partir de estos el programa calcula unas renovaciones concretas de 0.30.

Sin embargo, se indica el valor de renovación de aire de 0.63 renovaciones/hora considerado también en el software EnergyPlus, con el fin de partir de unas mismas condiciones. En la siguiente figura se muestran los datos introducidos:

Tipo de edificio

Número de plantas
bajo rasante: 0 | sobre rasante: 1

Generales

Volumen total (m3): 390,0

Suelo habitable (m2): 150,0

Clase de higrometría:
 3 (55%) | 4 (62%) | 5 (70%)

Nº de renovaciones (Tabla 2.1 CTE-HS3 2019)

Tipo A

espacios secos: nº dormitorios: 3

espacios húmedos: nº de espacios estar-comedor: 1

nº de cuartos de baño + cocina: 1

nº personas/vivienda: 1

nº renovaciones: 0,30

nº renov/hora finales (utilizado por el programa) (sino se conocen utilizar 0,63 renov./h): 0,63

Lo que supone 246 m3/h

Consumo ACS según CTE-HE4

Nº personas totales: 4,0 | Factor centralización: 1,00 | demanda: 112 litros/día

Caudal litros/día finales (utilizado por el programa): 112

Figura 59. Datos globales/ventilación/ACS residencial (Fuente: Elaboración propia)

En cuanto a los coeficientes operacionales y funcionales, para la certificación de la vivienda estos se encuentran bloqueados, ya que atienden a los valores indicados por el Anejo D del DB-HE, siendo los valores que se emplean en el software EnergyPlus para calcular las potencias indicadas en el punto anterior.

Una vez introducidos los datos globales del edificio, el siguiente paso es indicar los valores de la envolvente, es decir, muros, cubiertas, suelos y huecos.

De esta manera, en el caso de los muros, aparte del valor de transmitancia, es necesario indicar la orientación de estos para tener en cuenta la acción del sol. Para ello, es necesario realizar un análisis de las superficies de los muros y su orientación según la rosa de los vientos.

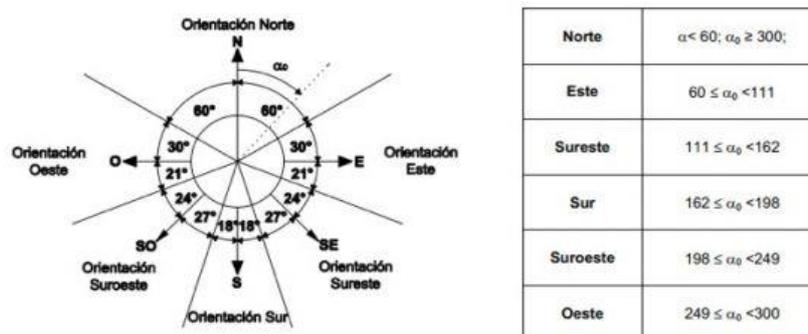


Figura 60. Rosa de los vientos (Fuente: Manual de usuario de CERMA)

Así pues, haciendo uso del software AutoCAD, se trazan perpendiculares a las superficies de los muros exteriores y se sitúa la base de la rosa de los vientos, desplazándose de forma paralela a la orientación del edificio, lo que permite ver en que cuadrante de la rosa de la vientos cae, lo que indica la orientación de dicha superficie, tal y como se muestra como ejemplo en la siguiente figura:

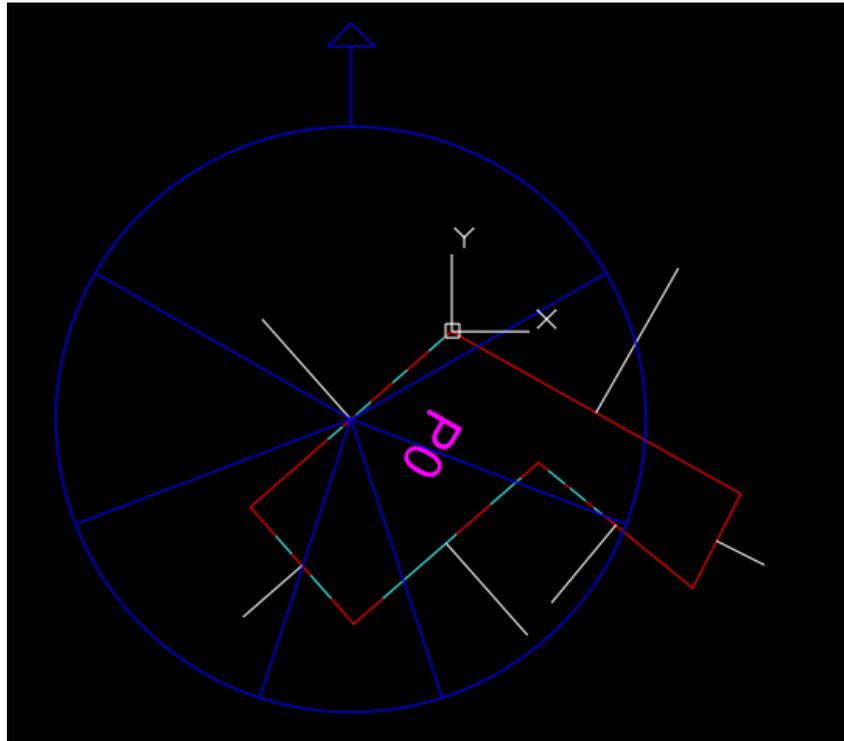


Figura 61. Ejemplo determinación orientación muros exteriores (Fuente: Elaboración propia)

A partir de la realización de estos análisis, se determina la orientación de cada uno de los muros, eliminando el área equivalente a los huecos, es decir, las ventanas. Para calcular las superficies, se ha usado el modelo 3D creado en el software Genera3D y, mediante la ayuda de una hoja de Excel, se calcula el área total de cada orientación, tal y como se muestra a continuación:

		AREA TOTAL	AREA HUECO	AREA MURO
NORTE	MURO B0	51,076	0	51,076
	MURO B1	41,130	5,415	35,715
TOTAL NORTE				86,8

Figura 62. Ejemplo de cálculos en Excel (Fuente: Elaboración propia)

Asimismo, dado que no es objeto del presente proyecto definir las características constructivas de los edificios, sino analizar su comportamiento térmico, se introduce a mano los valores de transmitancia térmica de cada uno de los elementos que forman la envolvente de la vivienda unifamiliar, empleándose exactamente los mismos valores que se utilizan en el EnergyPlus. En la siguiente tabla se resumen los valores de cada uno de estos:

Tabla 6. Valores de transmitancia usados en CERMA residencial (Fuente: Elaboración propia)

Elemento	Transmitancia térmica/U (W/m ² K)
Muros	2.89
Cubierta	1.85
Suelo	0.85

El siguiente paso es introducir las características de los puentes térmicos. Sin embargo, dado que se desconocen los detalles constructivos de la vivienda, se decide emplear los valores de Líder por defecto, que se muestran a continuación:

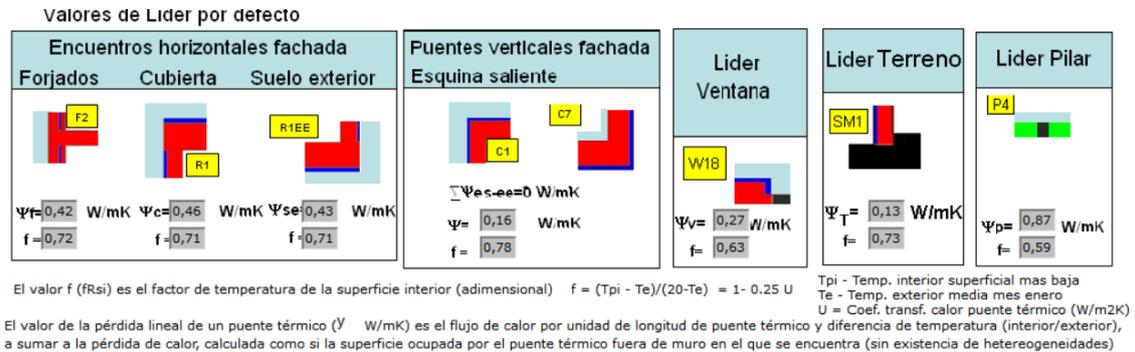


Figura 63. Valores puentes térmicos por defecto (Fuente: CERMA)

Para finalizar la caracterización geométrica y constructiva del edificio, es necesario definir los huecos del edificio, donde se introducen las dimensiones y características tanto de las puertas como de las ventanas.

En este sentido, para la caracterización de las ventanas se considera que se encuentran compuestas por vidrios monolíticos de 4 mm de espesor y el marco es metálico sin rotura de puente térmico. Asimismo, como elementos de sombra móviles se consideran cortinas interiores color pastel con control manual. En la siguiente figura se muestra como ejemplo la definición de una de las ventanas introducidas:

Nombre Norte 1

Dimensiones

OD 0,00 m
OB 0,00 m
Alto 1,50 m
Ancho 1,00 m

Valores máximos (CTE-HE1)
2019 2013

Tipo:
 Ventana
 Puerta
 Lucernario
 Escaparate

Copiar propiedades

Estudio sombra

Factor solar (tanto por uno) 0,85

Vidrio
Monolíticos 4
U vidrio (W/m2K) 5,70

Marco
Metálico sin rotura puente térmico
U marco 5,70
Fracc.marco 10 (%)

Global Huevo
Factor solar huevo 0,78
q grupo (kWh/m2) 0,30
U huevo (W/m2K) 5,70
UmaxCTE (W/m2K) 2,30

Permeabilidad
Corredera, Ajuste Regular 207 (m3/hm2 con ΔP=100Pa)
Permeabilidad max CTE 27

Sombras elementos fijos Sin elementos fijos

Sombras elementos móviles Cortina interior pastel

Control elementos móviles
Con demanda de frío (verano)
Manual: Día (Activo un 50% si Rad>300 W/m2) Noche(NO Activo)
Con demanda de calor (invierno)
Día (NO Activo) Noche (Activo al 50%)

Caja persianas
 Existe
 No existe

Nº Huecos Grupo

Ventana N... 1
Ventana O... 0
Ventana SO... 0
Ventana S... 0
Ventana SE... 0
Ventana E... 0

árbol Orientación-Grupo

Edificio (11)

- Norte (4)
 - Norte 1 (1)
 - Norte 2 (1)
 - Norte 3 (1)
 - Norte 4 (1)
- SurOeste (5)
 - Suroeste 1 (1)
 - Suroeste 2 (1)
 - Suroeste 3 (1)
 - Suroeste 4 (1)
 - Suroeste 5 (1)
- SurEste (2)
 - Sureste 1 (1)
 - Sureste 2 (1)

Figura 64. Huecos creados residencial (Fuente: Elaboración propia)

Los últimos aspectos a definir son las instalaciones, que son los equipos que el CERMA tiene en cuenta para realizar la certificación con el objetivo de cumplir las exigencias de necesidad de Agua Caliente Sanitaria (ACS), climatización y renovación de aire.

De esta manera, con el fin de obtener una certificación válida, se introducen los litros/día de ACS necesarios según los cálculos del programa, indicando que se alimenta de agua de red.

Asimismo, para la ventilación, se define una ventilación híbrida constante durante el año, considerándose ventanas abiertas durante las noches de verano, es decir, 4 renovaciones/hora.

Individual: Datos de la instalación de la vivienda

rmo electrico Sin retorno Alimentación agua red

Resist.apoyo 2,00 kW

Volumen (litros)	L/D	UA (W/°C)	Temp. consigna	
			alta (°C)	baja (°C)
112	2,00	2,00	53	45

Figura 65. Valores equipo ACS residencial (Fuente: Elaboración propia)

Finalmente, se definen los equipos de climatización con las potencias nominales obtenidas del modelo realizado en EnergyPlus, tal y como se muestra en la siguiente figura:

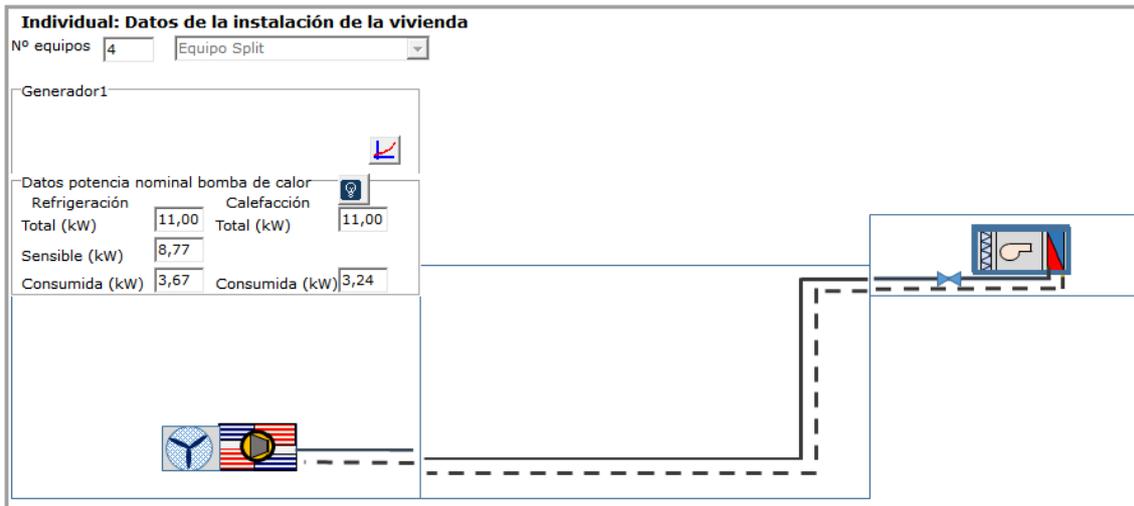


Figura 66. Sistema de climatización residencial caso base (Fuente: Elaboración propia)

En este sentido, se define un sistema mediante splits, para lo que es necesario realizar varias comprobaciones para definir el número de equipos adecuados. Así pues, tras realizar varias comprobaciones y certificaciones cambiando la cantidad, se llega a la conclusión de que está directamente relacionado con la cantidad de habitaciones y las dimensiones de la vivienda.

Por tanto, se define un sistema de climatización con 11kW de potencia total de refrigeración y 11kW de potencia total de calefacción. Además, haciendo uso de la guía indicado por el CERMA, que se puede ver en la Figura 67, se considera que los equipos tienen una eficiencia clase C, por lo que se considera un EER=3 y un COP=3,4.

Calefacción		A	B	C	D	E	F	G
B.C. aire-aire Divididos	Elec tr.	COP>3,6	3,6>COP>3,4	3,4>COP>3,2	3,2>COP>2,8	2,8>COP>2,6	2,6>COP>2,4	2,4>COP
B.C. aire-aire Compactos	Elec tr.	COP>3,4	3,4>COP>3,2	3,2>COP>3,0	3,0>COP>2,6	2,6>COP>2,4	2,4>COP>2,2	2,2>COP
B.C. aire-aire Conducto	Elec tr.	COP>3,0	3,0>COP>2,8	2,8>COP>2,6	2,6>COP>2,4	2,4>COP>2,1	2,1>COP>1,8	1,8>COP
Refrigeración		A	B	C	D	E	F	G
B.C. aire-aire Divididos	Elec tr.	EER>3,2	3,2>EER>3,0	3,0>EER>2,8	2,8>EER>2,6	2,6>EER>2,4	2,4>EER>2,2	2,2>EER
B.C. aire-aire Compactos	Elec tr.	EER>3,0	3,0>EER>2,8	2,8>EER>2,6	2,6>EER>2,4	2,4>EER>2,2	2,2>EER>2,0	2,0>EER
B.C. aire-aire Conducto	Elec tr.	EER>2,6	2,6>EER>2,4	2,4>EER>2,2	2,2>EER>2,0	2,0>EER>1,8	1,8>EER>1,6	1,6>EER

Figura 67. Eficiencias estándar climatización (Fuente: CERMA)

De esta manera, una vez definidos todos los aspectos del edificio residencial, el paso final es realizar la certificación energética de este. Para ello, se comprueban todos los datos introducidos y se realiza dicha certificación, obteniéndose el resultado que se muestra a continuación:

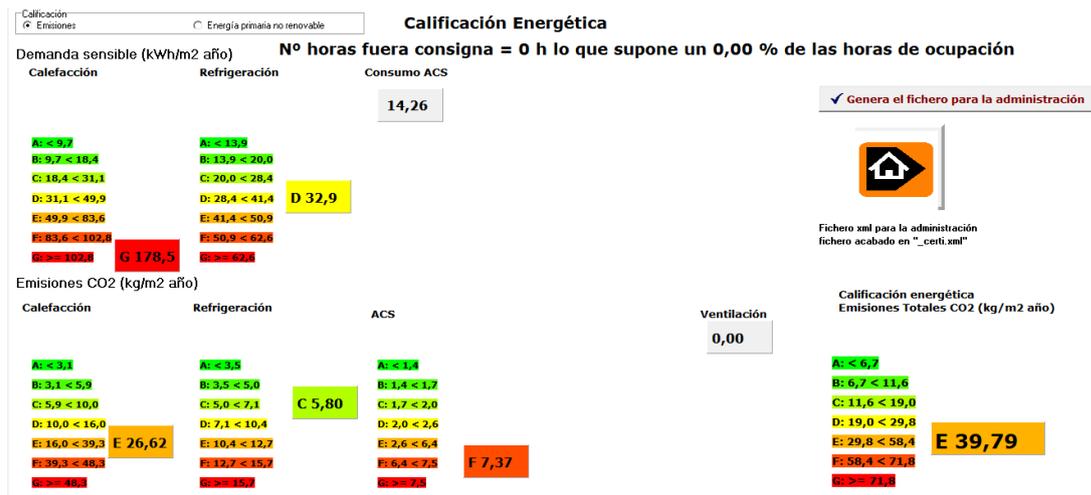


Figura 68. Certificación residencial base (Fuente: CERMA)

De los resultados se puede observar que, dado al pobre aislamiento de los elementos constructivos considerados para la vivienda residencial, existe una demanda de calefacción excesivamente alta, así como una necesidad de refrigeración que, si bien no es tan desmesurada como la de calefacción, sí que es bastante alta.

Respecto a los resultados de las emisiones de CO₂ debido a la calefacción y la refrigeración, se deben tanto a las altas demandas de climatización en ambos casos, como al no haber instalada ninguna fuente de energía renovable.

Estos resultados se toman como base para posteriormente realizar las mejoras en la envolvente de la vivienda según lo indicado en el Código Técnico de la Edificación vigente, lo que tiene como objetivo llevar a cabo una segunda certificación.

Por tanto, una vez analizados los resultados obtenidos, el siguiente paso es proponer mejoras que permitan cumplir con los límites del CTE, que, aunque no formen parte del objetivo del presente proyecto, deben incluir fuentes de energía renovable con el fin de obtener la mejora calificación energética posible.

3.1.1. Edificio terciario

Para la definición del terciario, es necesario destacar que la versión del software CERMA que se emplea para el desarrollo del estudio permite introducir edificios terciarios con diferentes perfiles de uso.

Dado que el perfil de uso empleado en el software EnergyPlus se ha tomado de lo definido en el documento *Condiciones técnicas de los procedimientos para la evaluación de la eficiencia energética*, se decide que perfil sea modificable para incluir las consideraciones hechas, las cuales se describen en los apartados anteriores.

Así pues, al igual que en el caso anterior, es necesario definir la provincia y el municipio para que el programa fije la zona climática a considerar para los cálculos. Además, de considerar la legislación aplicable según el año de la reforma, que en este caso, como se comenta anteriormente, se corresponde con el CTE del 2008.

The screenshot shows the CERMA v6.1 software interface. The top section is titled 'Objetivo de aplicación del programa' and includes options for 'Certificación Energética', 'Certificación Energética y Cumplimiento CTE 2019', and 'Simulación Energética Libre'. It also features a 'Tipo edificio' dropdown set to 'Terciario Perfil Usuario', a 'Fecha certificado' field with '28/08/2024', and a 'Versión programa' field with 'CERMA v6.1'. Below this, there are sections for 'Edificio' (Nuevo/Existente), 'Justificación ahorros en rehabilitación', 'Definición express', and 'ModoTrabajo' (Simplificado/Completo).

The middle section is titled 'Edificio (campos obligatorios en Certificación Energética)' and contains the following data:

- Nombre edificio: Oficinas Nazaret
- Ref. catastral/s: 9404405YJ2790F0001YJ
- Año construcción: 1973
- Legislación_aplicable: CTE 2008
- Dirección: [Empty]
- Provincia: Valencia/València
- Municipio: Valencia
- CP: [Empty]
- Comunidad Autónoma: Comunidad Valenciana
- latitud(°): 39,47
- Presión total: 101325 Pa
- Pt=f(a.s.n.m): 101049 Pa
- a.s.n.m.: 23
- Modificar Zona climática: [Checked]
- Zona climática (HE1): B3
- Radiación: IV

The bottom section is titled 'Técnico habilitado (campos obligatorios en Certificación Energética)' and contains the following data:

- Nombre apellidos: xxx
- Razón social: TTQETQ
- Domicilio: C/ Ramón y cajal 351
- Provincia: Madrid
- Municipio: Madrid
- CP: 28014
- Comunidad Autónoma: Madrid
- e-mail: pepito@hotmail.com
- Titulación habilitante: Aparejador
- NIF: 11111111
- CIF: 11111111
- Telefono: 666666666

Figura 69. Datos generales del edificio terciario (Fuente: Elaboración propia)

Tras esto, es necesario indicar las características globales del edificio. En este caso, dado que se trata de un edificio terciario, a parte de las plantas, la superficie de suelo habitable y el volumen total, es necesario introducir los m²/persona.

Por lo que respecta a las plantas, dado que únicamente se certifica la planta baja, que se corresponde con el terciario, se indica al programa que se trata de una planta sobre rasante, a pesar de que haya más plantas por encima, dado que el objetivo es únicamente certificar esta.

En cuanto a los m²/persona, para fijar este valor en las 70 personas consideradas por proyecto, se toma la superficie total del suelo habitable y se calcula la relación de la siguiente manera:

$$\text{Cálculo ocupación CERMA} = \frac{\text{superficie habitable}}{\text{número de personas}} = \frac{409 \text{ m}^2}{70 \text{ personas}} = 5.84 \frac{\text{m}^2}{\text{persona}}$$

Por tanto, este es el valor a indicar en el CERMA.

Asimismo, es necesario indicar la actividad, que en este caso se corresponde con “Sentado trabajo muy ligero (Oficina,...)”. En el caso de la ventilación necesaria, tal y como se indica en el apartado de cálculo de las cargas, el Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, exige un valor IDA 2, por lo que se emplea este.

Finalmente, para el cálculo del consumo de ACS se indica en el criterio de demanda que se trata de unas oficinas.

Tipo de edificio

Número de plantas
bajo rasante: sobre rasante:

Generales

Volumen total (m3):

Suelo habitable (m2):

Clase de higrometría:
 3 (55%)
 4 (62%)
 5 (70%)

Actividad

m2/persona: Sentado trabajo muy ligero (Oficina,...)

Calor sensible (W/persona): Calor latente (W/persona):

Ventilación

IDA	Caudal (m3/h)	renovaciones/h	Acción
IDA1	5042	4,11	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptar
IDA2	3152	2,57	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptar
IDA3	2017	1,64	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptar

n° renov/hora finales (utilizado por el programa)

Lo que supone 3153 m3/h

Consumo ACS según CTE-HE4

Criterio de demanda: demanda **140** litros/día Aceptar

Caudal litros/día finales (utilizado por el programa):

Figura 70. Datos globales/ventilación/ACS terciario (Fuente: Elaboración propia)

Por otra parte, en el caso terciario es necesario definir las características de los equipos de iluminación, con el fin de tenerlos en cuenta para el cálculo de las cargas, definiendo la iluminancia media en el plano horizontal y la potencia de iluminación.

En este sentido, dado que todos estos valores ya se seleccionan y justifican en los apartados anteriores, se indican los valores de 500 lux y una potencia de iluminación de 5W/m2. Asimismo, también se selecciona el valor límite de eficiencia energética (VEE_{lim}) definido por DB-HE3, que en este caso es el de “Administrativo en general”.

Valores medios ponderados (en función de la superficie a la que afectan)

Iluminación media en plano horizontal

lux:

Potencia de iluminación

W/m2:

Carga máxima 10 W/m2

Zona o parte del lugar de trabajo (*)	Nivel mínimo de iluminación (lux)
Zonas donde se ejecuten tareas con:	
1.º Bajas exigencias visuales	100
2.º Exigencias visuales moderadas	200
3.º Exigencias visuales altas	500
4.º Exigencias visuales muy altas	1.000
Áreas o locales de uso ocasional	50
Áreas o locales de uso habitual	100
Vías de circulación de uso ocasional	25
Vías de circulación de uso habitual	50

$VEE_{Instalación} = 100 \cdot (W/m2) / Lux$

W/m2 por cada 100lux:

VEE_{lim} [valor utilizado en el edificio de referencia] Tabla 3.1 - HE3 (Valor máximo)

$VEE_{lim}=3$ Administrativo en general

Potencia de iluminación en escaparates o exponer productos al público

W:

Figura 71. Datos de iluminación terciario (Fuente: Elaboración propia)

Seguidamente y, a diferencia del caso residencial, es necesario introducir los coeficientes operacionales. Para ello, se introducen los valores considerados para el cálculo de la carga interna media del local, introduciéndose los valores tal y como se indica en la siguiente figura:

En cada casilla
 Con un "clic" nuevo valor

Valores Uso (máximo)
 Ocupantes (W/m2) sensible latente: 13,00 7,67
 Ventilación (m3/h): 3153
 Iluminación (W/m2): 5,00
 Equipos (W/m2) sensible: 3,00

Laborable		1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h
Ocupación(%)		-	-	-	-	-	-	-	100	100	100	100	57	57	100	100	100	100	57
Colpiar Sabado		-	-	-	-	-	-	-	100	100	100	100	57	57	100	100	100	100	57
Colpiar Domingo		-	-	-	-	-	-	-	100	100	100	100	57	57	100	100	100	100	57
Equipos(%)		-	-	-	-	-	-	-	100	100	100	100	57	57	100	100	100	100	57
E1	E4	Ter.Calef.(°C)		-	-	-	-	-	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
E2	E5	Ter.Refrig.(°C)		-	-	-	-	-	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0
E3	E6	Cons.ACS (%/dia)		-	-	-	1	3	10	7	7	6	6	5	5	4	3	4	5

Figura 72. Coeficientes operacionales terciario (Fuente: Elaboración propia)

Una vez introducidos los datos globales y los coeficientes operacionales del edificio terciario, se procede a definir las áreas y orientaciones de cada uno de los muros que componen dicho edificio, así como los valores de transmitancia térmica. En la siguiente tabla se definen las transmitancias térmicas para la envolvente del terciario según el CTE 2008:

Tabla 7. Valores de transmitancia usados en CERMA terciario (Fuente: Elaboración propia)

Elemento	Transmitancia térmica/U (W/m ² K)
Muros	1.07
Medianería	1.07
Suelo	0.68

Para definir las orientaciones de los muros, se sigue el mismo método descrito para el caso residencial. Por tanto, mediante el programa AutoCAD y la rosa de los vientos se define la orientación de cada muro exterior. Además, para determinar las áreas de cada uno de estos, se hace uso del software Genera3D, mediante el que se obtienen las áreas y se restan los huecos.

De esta manera, se introducen en el software CERMA tal y como se muestra en la siguiente figura, donde también se incluyen las medianeras (muros en contacto con locales habitables):

Color exterior: Oscuro 201

Ext. Tipo 1

Ext. Tipo	Area total (m2)	Area fuera 1º plano (m2)	UmaxCTE W/m2K
N.NO.NE	31,4	0,0	0,56
U (W/m2K)	0,28,5	0,0	
S.O	0,0	0,0	
S...	0,0	0,0	
SE	0,0	0,0	
E...	38,3	0,0	
No definido			

En contacto terreno	Profundidad (m)	Area(m2)	U(W/m2K)	U_L1E(W/m2K)
Profundidad	1,0	0,0	0,00	0,75
Medianeras		85,8	1,07	0,75

Figura 73. Muros introducidos en CERMA terciario (Fuente: Elaboración propia)

En el caso de la cubierta del terciario, dado que a da una primera planta de un edificio, es necesario considerarlo medianera, por lo que se introduce esta de la siguiente manera:

Otras Cubiertas Tipo 1		Local/Buhardilla		Buhardilla/Exterior		Nivel estanquidad	U_CTE (W/m2K)	UmaxCTE (W/m2K)
A local no acondicionado (buhardillas)	Area(m2)	U(W/m2K)	Area(m2)	U(W/m2K)		<input checked="" type="radio"/> 1 (renov/h=0) <input type="radio"/> 2 (renov/h=0,5) <input type="radio"/> 3 (renov/h=1) <input type="radio"/> 4 (renov/h=5) <input type="radio"/> 5 (renov/h=10)	0,00	0,75
	0,0	0,00	0,0	0,00				
No definido			No definido					
Cubierta enterrada.....		Area(m2)	U(W/m2K)					0,75
		0,0	0,00	No definido				
Medianeras		Area(m2)	U(W/m2K)					0,75
		409,0	1,07	No definido				
Particiones interiores cuando delimiten unidades		mismo uso	U(W/m2K)					1,55
		distinto uso	0,00	No definido				1,10

Figura 74. Cubierta/medianera terciario (Fuente: Elaboración propia)

Por lo que respecta al suelo, este se encuentra en contacto con el terreno, por lo que se considera esta característica y se introduce su superficie y su transmitancia térmica en el software CERMA.

En cuanto a los valores de los puentes térmicos, dado que se desconocen los detalles constructivos del edificio, se decide emplear los valores de Líder por defecto, del mismo modo que en el caso residencial.

Para finalizar la caracterización geométrica y constructiva del terciario, es necesario introducir los huecos, donde se engloban las ventanas y puertas. Para ello, las ventanas se consideran vidrios dobles con una configuración de 4 mm, una cámara de 6mm y otro vidrio de 4 mm, compuestas por un maro metálico con rotura de puente térmico >12 mm, con el fin de obtener un transmitancia térmica como la que se considera en su modelado en EnergyPlus.

Asimismo, como elementos de sombra se consideran cortinas interiores pastel con accionamiento manual. A continuación, se muestra algunos de los datos introducidos en este aspecto:

Nombre Norte 1

Dimensiones

Valores máximos (CTE-HE1)
2019: 0,30 | 2013: 0,30

Vidrio: Dobles, 4-6-4, U vidrio (W/m2K): 3,30, Factor solar (tanto por uno): 0,75

Marco: Metálico con rotura puente térmico >12mm, U marco: 3,20, Fracc.marco: 10 (%)

Global Hueco: Factor solar hueco: 0,68 | q grupo (lW/h/m2): 0,33 | U hueco (lW/m2K): 3,39 | UmaxCTE (W/m2K): 2,30

Permeabilidad: Ventana Fija, 0 (m3/hm2) con ΔP=100Pa, Permeabilidad max CTE: 27

Sombras elementos fijos: Sin elementos fijos

Sombras elementos móviles: Cortina interior pastel

Control elementos móviles: Con demanda de frío (verano): Manual: Día (Activo un 50% si Rad>300 W/m2) Noche(NO Activo); Con demanda de calor (invierno): Día (NO Activo) Noche (Activo al 50%)

Caja persianas: Existe No existe

Nº Huecos Grupo

Ventana N...: 1
Ventana O...: 0
Ventana SO...: 0
Ventana S...: 0
Ventana SE...: 0
Ventana E...: 0

árbol Orientación-Grupo

- Edificio (10)
 - Norte (5)
 - Norte 1 (1)
 - Norte 2 (1)
 - Norte 3 (1)
 - Norte 4 puerta (1)
 - Norte 5 (1)
 - Oeste (5)
 - Oeste 1 (1)
 - Oeste 2 (1)
 - Oeste 3 (1)
 - Oeste 4 puerta (1)
 - Oeste 5 (1)

Figura 75. Huecos creados terciario (Fuente: Elaboración propia)

Para finalizar la introducción de los datos del edificio terciario, se introduce un equipo de climatización (calefacción+refrigeración) de tipo centralizado mediante conductos. Para ello, se utilizan los datos de potencias obtenidos en la modelización realizada en el EnergyPlus. Para ello, se considera un equipo con una eficiencia tipo B y unos valores de COP=2.9 y EER=2.5.

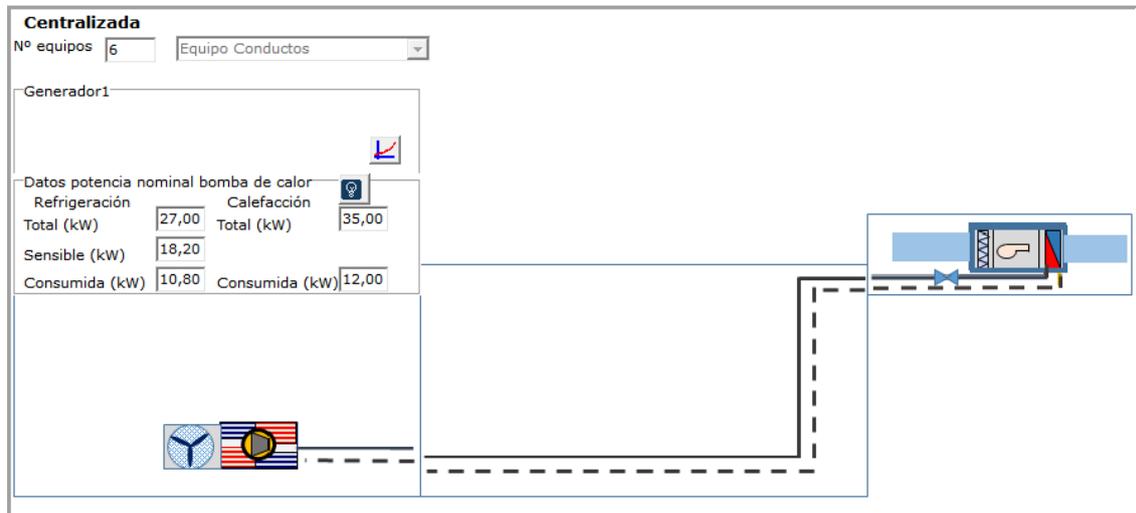


Figura 76. Sistema de climatización terciario base (Fuente: Elaboración propia)

En este caso también es necesario comprobar la cantidad de conductos necesarios según el volumen total del terciario, con el objetivo de cumplir las horas de consigna, obteniéndose finalmente un total de 6 conductos, tal y como se muestra en la figura anterior.

Por lo que respecta al sistema de ventilación, se considera una toma en cada uno de los conductos anteriores, con lo que se cumple sobradamente las necesidades de ventilación del recinto.

De esta manera, una vez definidos todos los aspectos del edificio terciario, se lleva a cabo la certificación de este, obteniéndose los resultados que se muestran en la siguiente figura:

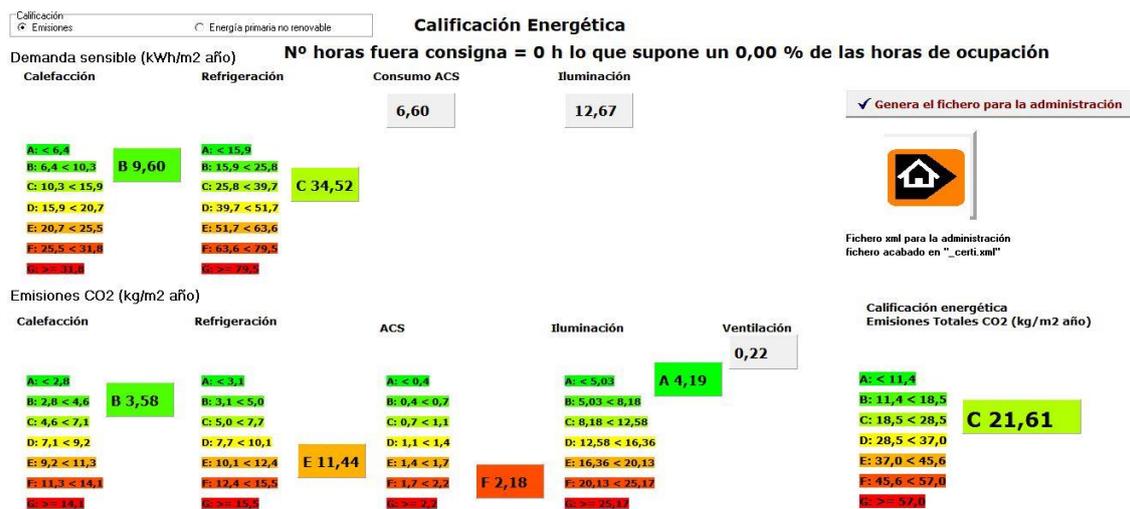


Figura 77. Certificación terciario base (Fuente: CERMA)

Analizando estos resultados se pueden observar unos resultados muy diferentes a los del residencial, ya que las condiciones de la envolvente térmica de este edificio son bastante

diferentes. A pesar de ello, se puede observar que el valor de calefacción requerido es bastante bajo, probablemente debido al estar rodeado de más locales habitables y encontrarse mucho mejor aislado.

En este sentido, se puede observar que los aspectos que más bajan la calificación energética en este caso, es la falta de fuentes renovables de energía primaria, aunque el valor de refrigeración es relativamente alto, por lo que, posteriormente, se debe valorar su impacto tras mejorar el aislamiento.

Por tanto, tras la obtención de estos resultados, se parte de este punto para proponer mejoras que permitan cumplir con las directrices del Código Técnico de la Edificación actual, atendiendo tanto a las envolventes térmicas, como a las fuentes de energía renovable, con el fin de obtener la mejora calificación energética posible.

3.2. Mejoras en los edificios para cumplimiento CTE

Una vez obtenidas las calificaciones para la certificación de los dos edificios en sus caso base, el siguiente paso es mejorar las condiciones de estos para cumplir dos objetivos. Por una parte, mejorar la calificación de los edificios y, por otra, cumplir con lo indicado por el CTE vigente.

Para ello, es necesario analizar el Código Técnico de la Edificación vigente e identificar todos los datos y valores a considerar, con el fin de cumplir con este, tanto a nivel constructivo respetando los límites de transmitancia de la envolvente térmica, como, aunque no sea objeto de este proyecto, cumplir con los consumo de energía máxima total y de origen no renovable.

Por tanto, para ello, tras analizar el CTE vigente, en base a la ubicación y el uso de cada edificio se resumen los siguientes condicionantes para cada caso:

Tabla 8. Valores límite energía a considerar (Fuente: CTE DB-HE)

Caso	Valor límite energía no renovable (kWh/m ² año)	Valor límite energía total (kWh/m ² año)
Residencial	55	80
Terciario	98	200

En el caso del edificio terciario, el CTE establece una fórmula que permite calcular un valor en base a la carga interna media del edificio, calculada anteriormente, obteniéndose aproximadamente los valores que se indican en la tabla anterior.

Otro de los aspectos que se debe tener en cuenta a la hora de certificar el edificio y que, se ha tenido en cuenta en los casos base, es las horas máximas fuera de consigna. Para este aspecto, en el apartado 4. *Procedimiento y datos para la determinación del consumo energético* del DBE-HE se indica lo siguiente: “El total de horas fuera de consigna no excederá el 4% del tiempo total de ocupación”.

Por otro lado, también se indica que los coeficientes operacionales y los perfiles de uso se deben corresponder a lo indicado en el CTE. Dado que desde el principio se ha partido de estos, se considera cumplido este aspecto.

Finalmente, el aspecto más importante a cumplir en el caso de este estudio, es el valor límite de la transmitancia térmica de la envolvente.

En este sentido, el CTE establece unos límites según la zona climática de invierno donde se encuentren los edificios:

3.1.1 Transmitancia de la envolvente térmica

- 1 La *transmitancia térmica* (U) de cada elemento perteneciente a la *envolvente térmica* no superará el valor límite (U_{lim}) de la tabla 3.1.1.a-HE1:

Tabla 3.1.1.a - HE1 Valores límite de *transmitancia térmica*, U_{lim} [W/m^2K]

Elemento	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Muros y suelos en contacto con el aire exterior (U_s , U_M)	0,80	0,70	0,56	0,49	0,41	0,37
Cubiertas en contacto con el aire exterior (U_c)	0,55	0,50	0,44	0,40	0,35	0,33
Muros, suelos y cubiertas en contacto con espacios no habitables o con el terreno (U_T) Medianerías o particiones interiores pertenecientes a la <i>envolvente térmica</i> (U_{MD})	0,90	0,80	0,75	0,70	0,65	0,59
Huecos (conjunto de marco, vidrio y, en su caso, cajón de persiana) (U_H)*	3,2	2,7	2,3	2,1	1,8	1,80
Puertas con superficie semitransparente igual o inferior al 50%	5,7					

*Los huecos con uso de escaparate en *unidades de uso* con actividad comercial pueden incrementar el valor de U_H en un 50%.

Figura 78. Valores límite transmitancia térmica vigentes (Fuente: CTE DB-HE)

Además, el apartado 3.1 *Condiciones de la envolvente térmica* del DB-HE indica lo siguiente respecto a los valores anteriores:

“Los valores límite de transmitancia aseguran una calidad mínima de la envolvente térmica y evitan descompensaciones en la calidad térmica de los espacios del edificio. Sin embargo, estos valores no aseguran un nivel de demanda adecuado, limitado por el coeficiente global de transmisión de calor (K)”

Dado que ambos edificios se encuentran en la zona climática B, se deben considerar los valores indicados para dicha zona climática.

Así pues, si bien existen soluciones constructivas que permiten reducir considerablemente estos valores por debajo de los límites del CTE, ya que el objetivo es cumplir con lo indicado por este y se trata de un estudio teórico, se considera el caso límite, es decir, los elementos constructivos cumplen el límite de los valores de transmitancia.

De esta manera, se utilizan elementos constructivos determinados en el base de datos del CERMA, de manera que se pueda cumplir con los límites anteriormente vistos.

Finalmente, es importante señalar que tras definir estos valores y modificarlos en el CERMA, se realiza un segundo modelado en el software EnergyPlus, para obtener los valores de potencia necesarios para refrigeración y calefacción en cada caso, con el fin de poder utilizarlos en la certificación.

3.2.1. Edificio residencial CTE

La certificación mediante el CERMA permite una opción en la que comprueba el cumplimiento del CTE vigente. En consecuencia, se selecciona esta opción con el objetivo de facilitar la selección de los materiales de la base de datos del CERMA que permitan cumplir los valores límite de transmitancia térmica anteriormente indicados.

Por tanto, modificando los valores de transmitancia térmica a partir de los materiales constructivos que se incluyen en la base de datos del CERMA y con ayuda de la opción del cumplimiento del CTE, se mejoran los valores de U (W/m^2K) de toda la envolvente térmica. A continuación, se muestra, a modo de ejemplo, el material seleccionado para los muros exteriores:

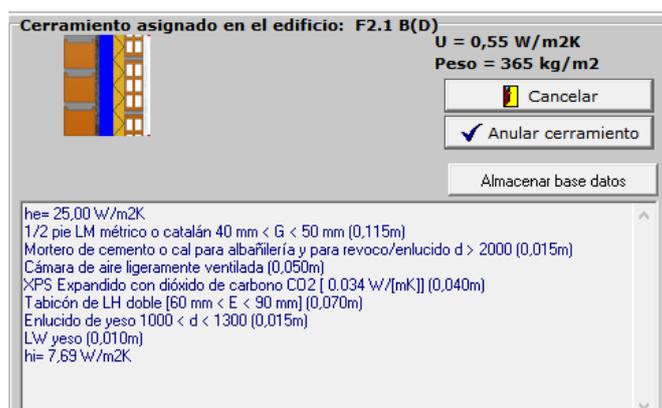


Figura 79. Material muros exteriores residencial (Fuente: CERMA)

Tras aplicar la misma lógica en todos los elementos de la envolvente del edificio residencial, es necesario seleccionar las características de las ventanas, para lo que selecciona un vidrio doble bajo emisivo, con una configuración de un vidrio de 4mm, una cámara de aire de 9mm y otro vidrio de 4mm. En cuanto al marco, se selecciona un marco PVC de tres cámaras.

Con esta combinación, se consigue una transmitancia total del hueco, es decir, conjunto, ventana y marco, de 2,28 W/m^2K . Además, para cumplir con la permeabilidad máxima, se selecciona que cuenta con permeabilidad Clase 2, tal y como se puede ver en la siguiente figura:

Figura 80. Características huecos residencial CTE (Fuente: Elaboración propia)

Finalmente, para cumplir con el parámetro límite que delimita el control solar según el CTE, se seleccionan como elementos móviles para el control de las sombras persianas blancas con control manual.

De esta manera, tras definir los nuevos materiales, en el software EnergyPlus se modifican todos los aislamientos y características modificadas en el caso base, con el fin de alcanzar los valores de transmitancia térmica indicados en el CERMA, tanto en los muros, suelos y cubiertas, como en las ventanas y los marcos, además, también se incluyen las persianas.

En la siguiente figura se muestra los valores de U alcanzados en el EnergyPlus:

	Construction	Reflectance	U-Factor with Film [W/m2-K]
AC	MURO_EXTERIOR_ZB	0.30	0.554
AD	MURO_EXTERIOR_ZB	0.30	0.554
AE	MURO_EXTERIOR_ZB	0.30	0.554
AF	MURO_EXTERIOR_ZB	0.30	0.554
B0	MURO_EXTERIOR_ZB	0.30	0.554
B1	MURO_EXTERIOR_ZB	0.30	0.554
BD	FORJADO_TERRENO_ZB	0.30	0.657
BE	CUBIERTA_ZB	0.30	0.362

Figura 81. U muros, suelo y cubierta residencial CTE (Fuente: EnergyPlus)

Una vez modificados estos valores, ya que el resto se mantiene igual que en el caso base, se realiza la simulación mediante el software EnergyPlus, obteniéndose unos valores considerablemente menores a los obtenidos en el caso base:

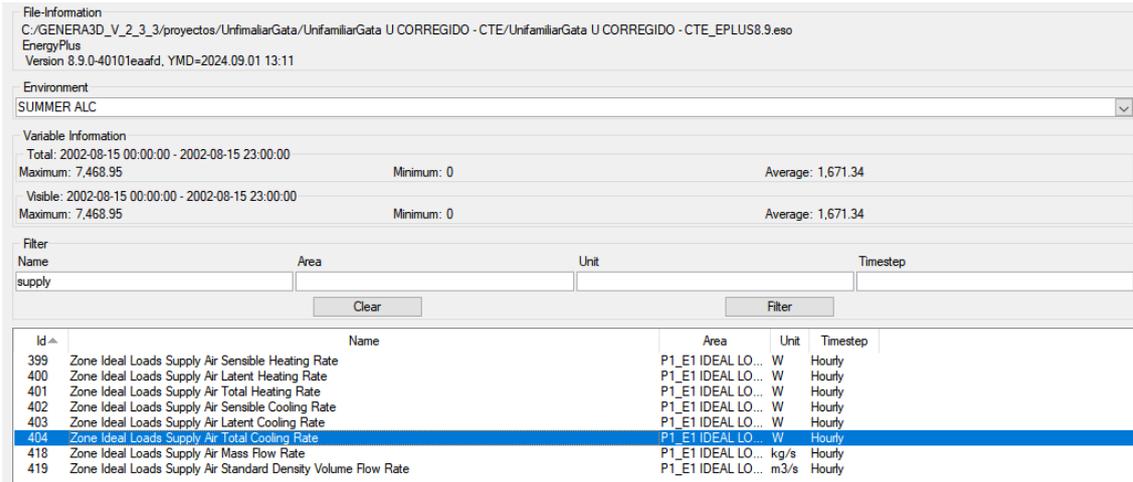


Figura 82. Pot. total de refrigeración máx. residencial CTE (Fuente: Resultados EnergyPlus)

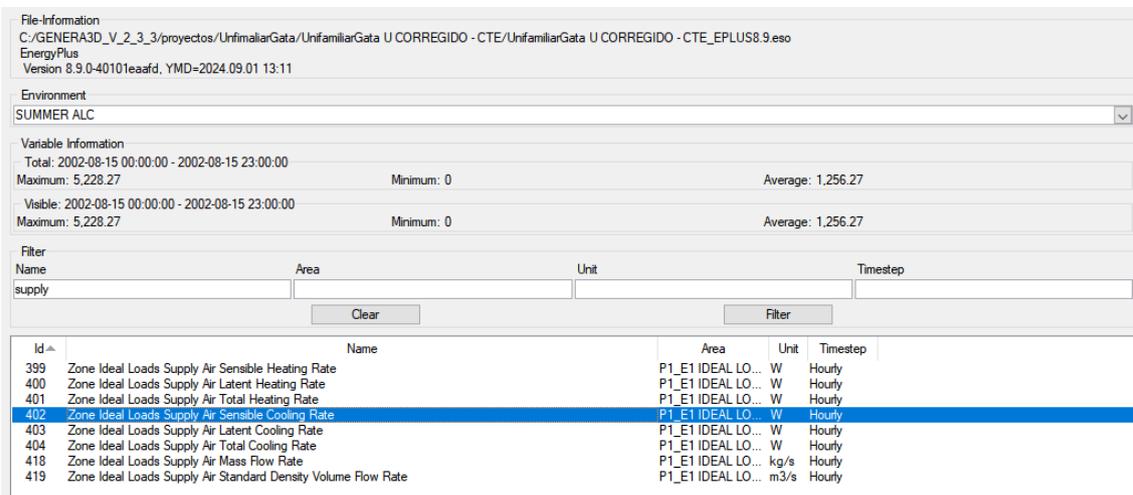


Figura 83. Pot. sensible refrigeración máx. residencial CTE (Fuente: Resultados EnergyPlus)

En el caso de la calefacción, la reducción de potencia necesaria respecto al case base es notorio, tal y como se muestra en la siguiente figura:

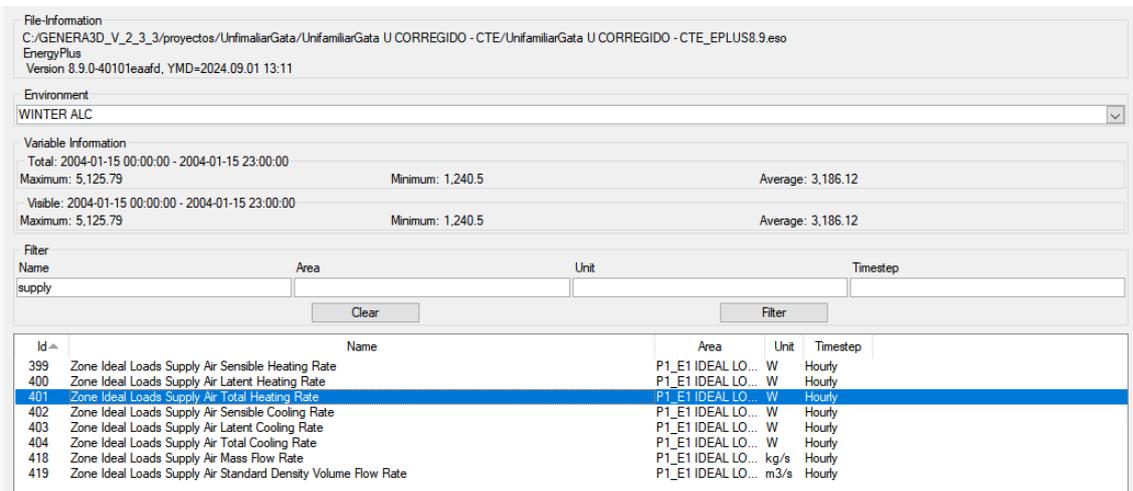


Figura 84. Pot. total de calefacción máxima residencial CTE (Fuente: Resultados EnergyPlus)

De esta manera, tras modificar los valores de transmitancias según los cambios planteados en la envolvente térmica para cumplir el CTE, la simulación en EnergyPlus aporta unas necesidades tanto de refrigeración como de calefacción notablemente inferiores, en especial, en el caso de la calefacción, que tal y como se ve en la figura anterior, es la mitad del caso base.

En la siguiente tabla se muestran las potencias que se toman como base para las instalaciones a indicar en el CERMA:

Tabla 9. Resumen potencias instalaciones residencial CTE (Fuente: Elaboración propia)

Tipo de instalación	Potencia total (kW)	Potencia sensible (kW)
Instalación de refrigeración	7.47	5.23
Instalación calefacción	5.13	5.13

Una vez definidos los equipos de climatización, aunque no forme parte de los objetivos del presente proyecto, se incluye, para mejorar el resultado de la certificación, paneles solares fotovoltaicos y paneles solares térmicos para la producción de ACS.

Así pues, tras certificar y comprobar el cumplimiento del CTE, entre los resultados del CERMA certifica que con los cambios realizados el edificio terciario cumple todos los aspectos en cuanto a energía primaria total y límite de no renovable, así como las horas de consigna, tal y como se muestra en la siguiente figura:

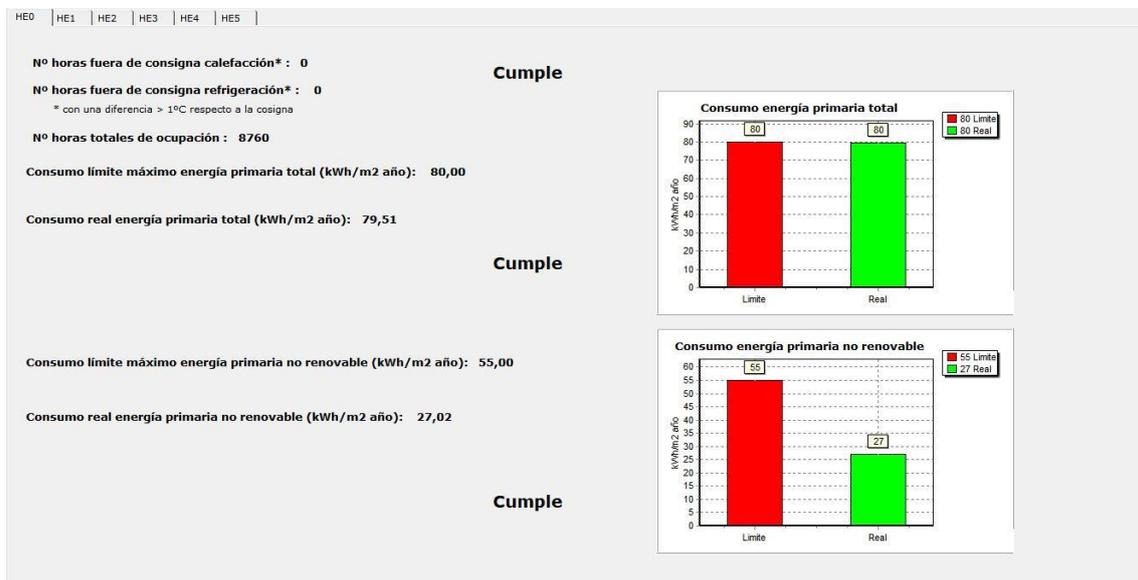


Figura 85. Cumplimiento CTE residencial (Fuente: Resultados CERMA)

En cuanto al resultado de la calificación energética, se obtiene una calificación A-4.58, donde se mejora considerablemente la demanda de calefacción, pasando de 178 kWh/m²·año a 32.8 kWh/m²·año, que es casi un 82% menos de demanda de calefacción. A pesar de ello, la calificación obtenida es D-32.8, lo que puede suponer que aún existe margen de mejora en cuanto a acciones de mejora.

Por lo que respecta a la refrigeración, se observa también una mejora, pasando de una demanda de 32.9 kWh/m²-año a 19.3 kWh/m²-año, que supone una reducción de casi un 42%. Sin embargo, en este caso sí que se alcanza un calificación B-19.3.

En la siguiente figura se muestran los resultados de la calificación energética del edificio residencial tras los cambios realizados para el cumplimiento del CTE:



Figura 86. Certificación residencial CTE (Fuente: CERMA)

3.2.2. Edificio terciario CTE

En el caso del edificio terciario, siguiendo la misma lógica que en el edificio residencial se seleccionan los materiales que permitan cumplir los valores de límite de transmitancia térmica indicados por el CTE vigente.

Por lo que respecta a las ventanas, se elige la misma configuración que en el caso residencial. Sin embargo, por el tipo de uso del edificio se selecciona que las ventanas sean fijas, lo que obliga a emplear una ventilación mecánica, que ya se encuentra incluida en el caso base. A continuación, se muestra, a modo de ejemplo, las características de una de las ventanas del edificio terciario:

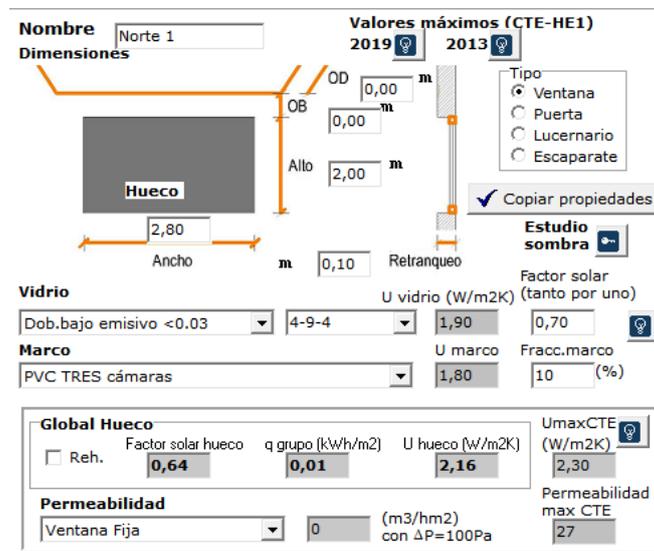


Figura 87. Características huecos terciario CTE (Fuente: Elaboración propia)

Del mismo modo que en el caso anterior, para cumplir con el parámetro límite que delimita el control solar según lo indicado en el CTE, se seleccionan como elementos móviles para el control de las sombras persianas blancas con control manual.

Así pues, tras definir los materiales, es necesario modificarlos en el EnergyPlus, con el objetivo de simular las mismas condiciones que se certifican en el CERMA. En la siguiente figura se muestran los valores de transmitancia térmica empleados en la simulación:

	Construction	Reflectance	U-Factor with Film [W/m2-K]
10D	MURO_EXTERIOR_ZB	0.30	0.526
10E	MURO_EXTERIOR_ZB	0.30	0.526
10F	MURO_EXTERIOR_ZB	0.30	0.526
119	MURO_EXTERIOR_ZB	0.30	0.526
11C	MURO_EXTERIOR_ZB	0.30	0.526
120	MURO_EXTERIOR_ZB	0.30	0.526
121	MURO_EXTERIOR_ZB	0.30	0.526
200	FORJADO_TERRENO_ZB	0.30	0.657

Figura 88. U muros, suelo y cubierta terciario CTE (Fuente: EnergyPlus)

Por tanto, una vez modificados los valores de transmitancia en el modelo del EnergyPlus, se lleva a cabo la simulación del comportamiento térmico del edificio, obteniéndose los resultados que se muestran a continuación:

The screenshot shows the EnergyPlus interface with the following details:

- File-Information:** C:/GENERA3D_V_2_3_3/proyectos/OFICINAS NAZARET CORREGIDO - CTE/OFICINAS NAZARET CORREGIDO - CTE_EPLUS8.9.eso, Version 8.9.0-40101eaafd, YMD=2024.09.01 17:08
- Environment:** SUMMER VLC
- Variable Information:**
 - Total: 2002-08-15 00:00:00 - 2002-08-15 23:00:00, Maximum: 26,959.6, Minimum: 0, Average: 8,762.79
 - Visible: 2002-08-15 00:00:00 - 2002-08-15 23:00:00, Maximum: 26,959.6, Minimum: 0, Average: 8,762.79
- Filter:** Name: supply, Area: [empty], Unit: [empty], Timestep: [empty]
- Table:**

Id	Name	Area	Unit	Timestep
2123	... Zone Ideal Loads Supply Air Sensible Heating Rate	P1_E1 IDEAL LO...	W	Hourly
2124	... Zone Ideal Loads Supply Air Latent Heating Rate	P1_E1 IDEAL LO...	W	Hourly
2125	... Zone Ideal Loads Supply Air Total Heating Rate	P1_E1 IDEAL LO...	W	Hourly
2126	... Zone Ideal Loads Supply Air Sensible Cooling Rate	P1_E1 IDEAL LO...	W	Hourly
2127	... Zone Ideal Loads Supply Air Latent Cooling Rate	P1_E1 IDEAL LO...	W	Hourly
2128	... Zone Ideal Loads Supply Air Total Cooling Rate	P1_E1 IDEAL LO...	W	Hourly
2142	... Zone Ideal Loads Supply Air Mass Flow Rate	P1_E1 IDEAL LO...	kg/s	Hourly
2143	... Zone Ideal Loads Supply Air Standard Density Volume Flow Rate	P1_E1 IDEAL LO...	m3/s	Hourly

Figura 89. Pot. total de refrigeración máx. terciario CTE (Fuente: Resultados EnergyPlus)

File-Information
C:/GENERA3D_V_2_3_3/proyectos/OFICINAS NAZARET CORREGIDO - CTE/OFICINAS NAZARET CORREGIDO - CTE_EPLUS8.9.eso
EnergyPlus
Version 8.9.0-40101eaafd, YMD=2024.09.01 17:08

Environment
SUMMER VLC

Variable Information
Total: 2002-08-15 00:00:00 - 2002-08-15 23:00:00
Maximum: 18,871.7 Minimum: 0 Average: 6,133.95
Visible: 2002-08-15 00:00:00 - 2002-08-15 23:00:00
Maximum: 18,871.7 Minimum: 0 Average: 6,133.95

Filter
Name Area Unit Timestep
supply
Clear Filter

Id	Name	Area	Unit	Timestep
2123	...Zone Ideal Loads Supply Air Sensible Heating Rate	P1_E1 IDEAL LO...	W	Hourly
2124	...Zone Ideal Loads Supply Air Latent Heating Rate	P1_E1 IDEAL LO...	W	Hourly
2125	...Zone Ideal Loads Supply Air Total Heating Rate	P1_E1 IDEAL LO...	W	Hourly
2126	...Zone Ideal Loads Supply Air Sensible Cooling Rate	P1_E1 IDEAL LO...	W	Hourly
2127	...Zone Ideal Loads Supply Air Latent Cooling Rate	P1_E1 IDEAL LO...	W	Hourly
2128	...Zone Ideal Loads Supply Air Total Cooling Rate	P1_E1 IDEAL LO...	W	Hourly
2142	...Zone Ideal Loads Supply Air Mass Flow Rate	P1_E1 IDEAL LO...	kg/s	Hourly
2143	...Zone Ideal Loads Supply Air Standard Density Volume Flow Rate	P1_E1 IDEAL LO...	m3/s	Hourly

Figura 90. Pot. sensible refrigeración máx. terciario CTE (Fuente: Resultados EnergyPlus)

A diferencia del caso residencial, al mejorar la envolvente térmica del terciario, si bien se observa una misma potencia total necesaria en cuanto a refrigeración, se observa un aumento de la demanda de refrigeración sensible.

Sin embargo, tal y como se ve en la siguiente figura, sí que se aprecia una ligera reducción de la potencia de calefacción necesaria:

File-Information
C:/GENERA3D_V_2_3_3/proyectos/OFICINAS NAZARET CORREGIDO - CTE/OFICINAS NAZARET CORREGIDO - CTE_EPLUS8.9.eso
EnergyPlus
Version 8.9.0-40101eaafd, YMD=2024.09.01 17:08

Environment
WINTER VLC

Variable Information
Total: 2004-01-15 00:00:00 - 2004-01-15 23:00:00
Maximum: 32,232.4 Minimum: 0 Average: 8,371.12
Visible: 2004-01-15 00:00:00 - 2004-01-15 23:00:00
Maximum: 32,232.4 Minimum: 0 Average: 8,371.12

Filter
Name Area Unit Timestep
supply
Clear Filter

Id	Name	Area	Unit	Timestep
2123	...Zone Ideal Loads Supply Air Sensible Heating Rate	P1_E1 IDEAL LO...	W	Hourly
2124	...Zone Ideal Loads Supply Air Latent Heating Rate	P1_E1 IDEAL LO...	W	Hourly
2125	...Zone Ideal Loads Supply Air Total Heating Rate	P1_E1 IDEAL LO...	W	Hourly
2126	...Zone Ideal Loads Supply Air Sensible Cooling Rate	P1_E1 IDEAL LO...	W	Hourly
2127	...Zone Ideal Loads Supply Air Latent Cooling Rate	P1_E1 IDEAL LO...	W	Hourly
2128	...Zone Ideal Loads Supply Air Total Cooling Rate	P1_E1 IDEAL LO...	W	Hourly
2142	...Zone Ideal Loads Supply Air Mass Flow Rate	P1_E1 IDEAL LO...	kg/s	Hourly
2143	...Zone Ideal Loads Supply Air Standard Density Volume Flow Rate	P1_E1 IDEAL LO...	m3/s	Hourly

Figura 91. Pot. total de calefacción máxima terciario CTE (Fuente: Resultados EnergyPlus)

Observando los resultados obtenidos, es interesante para el estudio notar que al disminuir ligeramente los límites de transmitancia de la envolvente respecto al caso base, ya que se partía de unos valores del CTE del 2008, aumenta ligeramente la demanda sensible de potencia de refrigeración.

En este apartado se deja como un apunte, que posteriormente se analiza en los análisis a llevar a cabo.

Tabla 10. Resumen potencias instalaciones terciario CTE (Fuente: Elaboración propia)

Tipo de instalación	Potencia total (kW)	Potencia sensible (kW)
Instalación de refrigeración	27	18.87
Instalación calefacción	32.23	32.23

Del mismo modo que en el caso anterior, se incluyen fuentes de energías renovables para cumplir el CTE, concretamente, paneles solares fotovoltaicos, lo que permite cumplir con los límites de energía primaria total y los de energía primaria no renovable, tal y como se muestra en la siguiente figura:

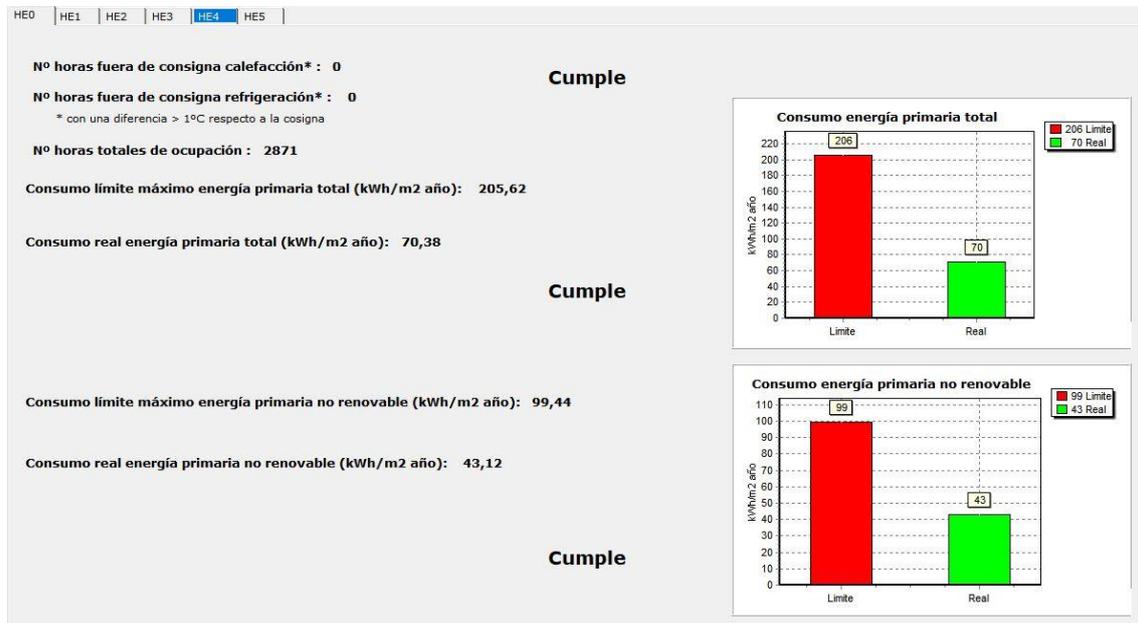


Figura 92. Cumplimiento CTE terciario (Fuente: Resultados CERMA)

Por lo que respecta al resultado de la calificación energética, se obtiene una clasificación global A-8.96, observándose una mejora en la demanda de calefacción, concretamente un 32% menor. Sin embargo, en consonancia a lo visto en el software EnergyPlus, se identifica consumo de refrigeración prácticamente similar al caso base, disminuyendo únicamente un 6,5%. A continuación, se muestran los resultados de la calificación energética del edificio terciario tras los cambios realizados para el cumplimiento del CTE:

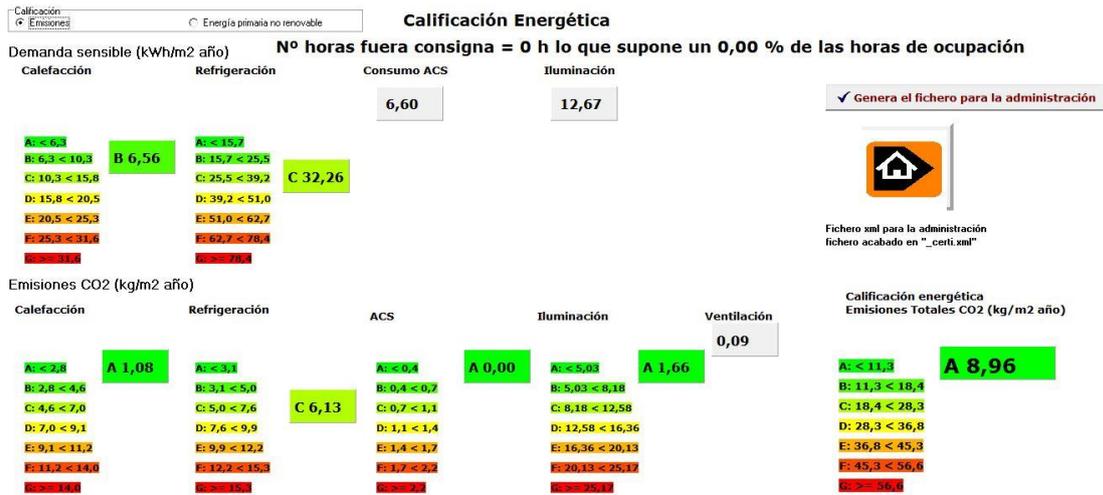


Figura 93. Certificación terciario CTE (Fuente: CERMA)

3.3. Calificación energética modificada de los edificios con cumplimiento CTE

Una vez certificados los edificios tras las mejoras realizadas para cumplir el Código Técnico de la Edificación vigente, el siguiente paso es realizar la certificación variando los datos climáticos que utilizar el software CERMA.

El CERMA utiliza su propia de datos climatológicos oficiales para realizar las certificaciones, los cuales no se pueden modificar. Sin embargo, dado que el objetivo de este proyecto es comparar los resultados con datos climatológicos reales a partir de valores históricos, con ayuda del tutor se obtiene un versión modificada del software que permite seleccionar los datos climatológicos a emplear en la certificación.

En este sentido, el tutor proporciona, para realizar el estudio, datos climáticos extraídos del sistema de satélites europeo Copernicus, concretamente, los datos del ERA5 de dicho sistema, que cuenta con datos históricos desde el 1940 hasta la actualidad.

Para este caso, se seleccionan cuatro años espaciados entre las últimas tres décadas, de manera que se pueda tener una visión global del cambio climático que se ha ido experimentando. Así pues, los datos climatológicos empleados son los de los años 1992, 2002, 2012 y 2022.

De esta manera, para realizar estas certificaciones con las modificaciones en la base de datos climatológica, no es necesario realizar ninguna modificación en los edificios, ya que el fin es ver como varían los resultados al cambiar el clima oficial por climas reales.

En las siguientes figuras se muestran las cuatro certificaciones realizadas para el caso residencial CTE (con cumplimiento del Código Técnico de la Edificación):

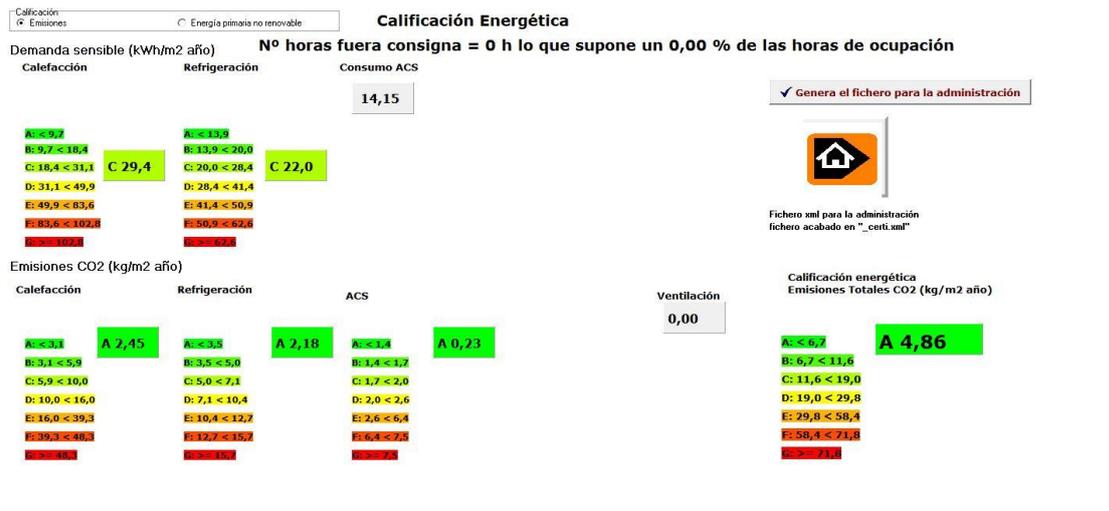


Figura 94. Certificación residencial CTE 1992 (Fuente: CERMA)

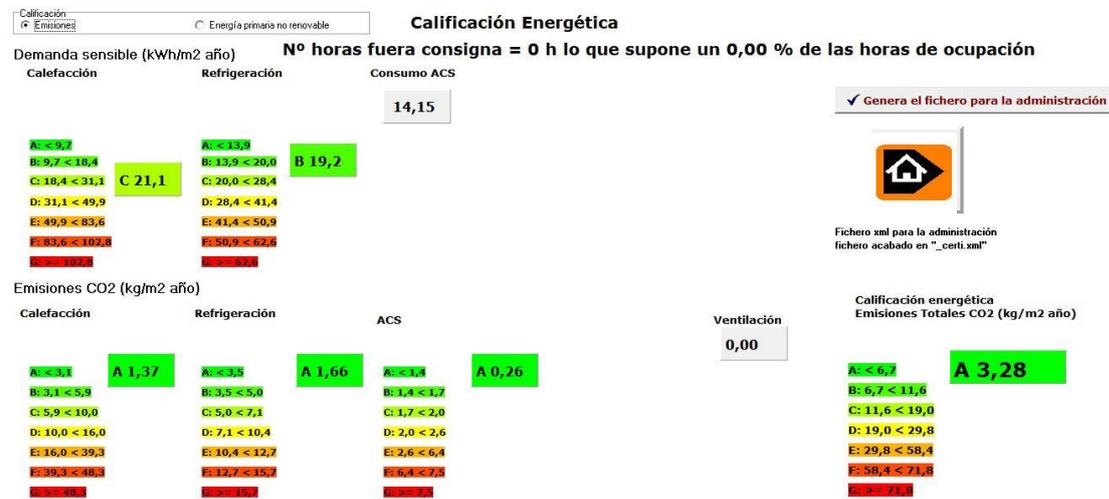


Figura 95. Certificación residencial CTE 2002 (Fuente: CERMA)

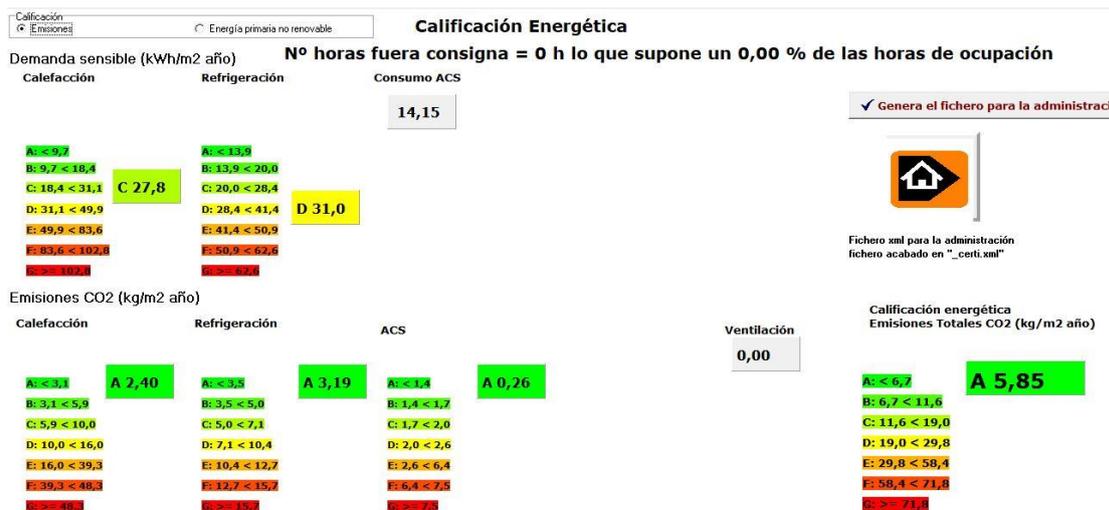


Figura 96. Certificación residencial CTE 2012 (Fuente: CERMA)

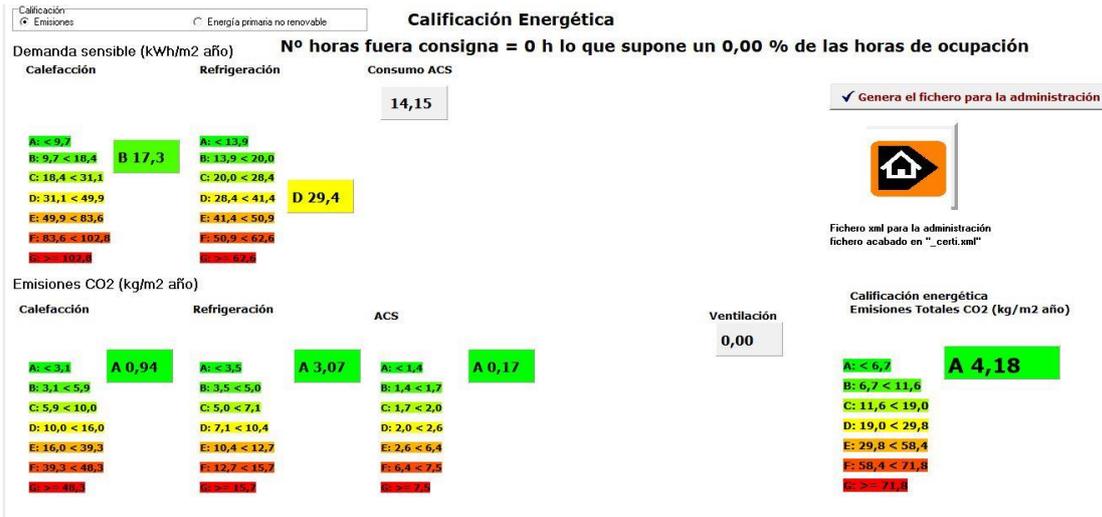


Figura 97. Certificación residencial CTE 2022 (Fuente: CERMA)

En este caso, se puede observar cómo no varía casi la calificación global de la certificación en ningún año, obteniéndose siempre una A. Sin embargo, si se analizan los resultados de calefacción y refrigeración, se puede distinguir una cierta tendencia a reducirse la demanda de calefacción y a aumentar la refrigeración (salvo en el 2012, donde aumenta tanto calefacción como refrigeración). Para conocer con detalle a que se deben estos resultados, posteriormente se descargan todos los datos de cada certificación y se analizan en detalle.

Por otro lado, siguiendo la misma lógica, se realiza las certificaciones del terciario con cumplimiento del CTE para cada uno de los años indicados, obteniéndose las calificaciones que se muestran en las siguientes figuras:



Figura 98. Certificación terciario CTE 1992 (Fuente: CERMA)

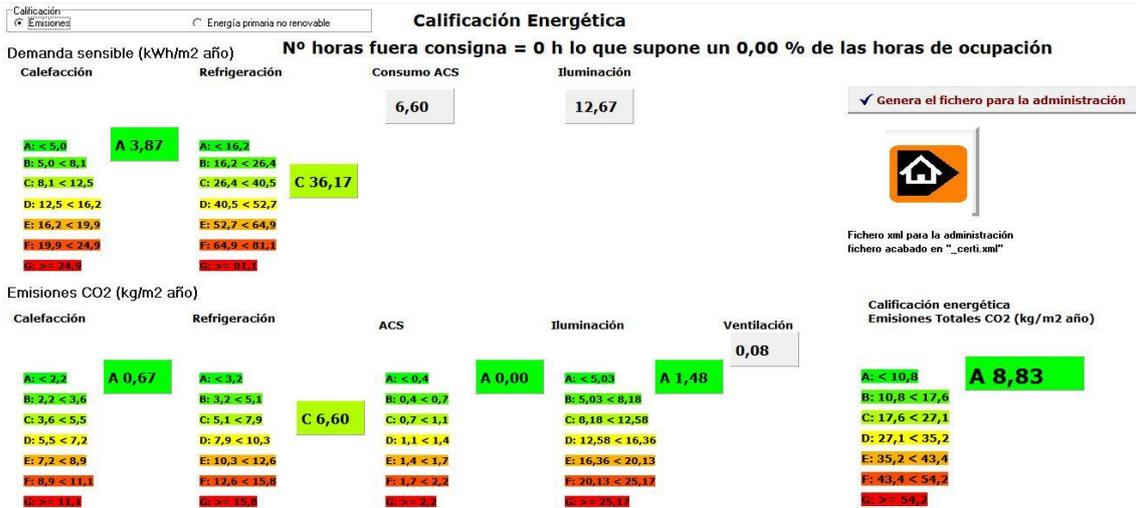


Figura 99. Certificación terciario CTE 2002 (Fuente: CERMA)

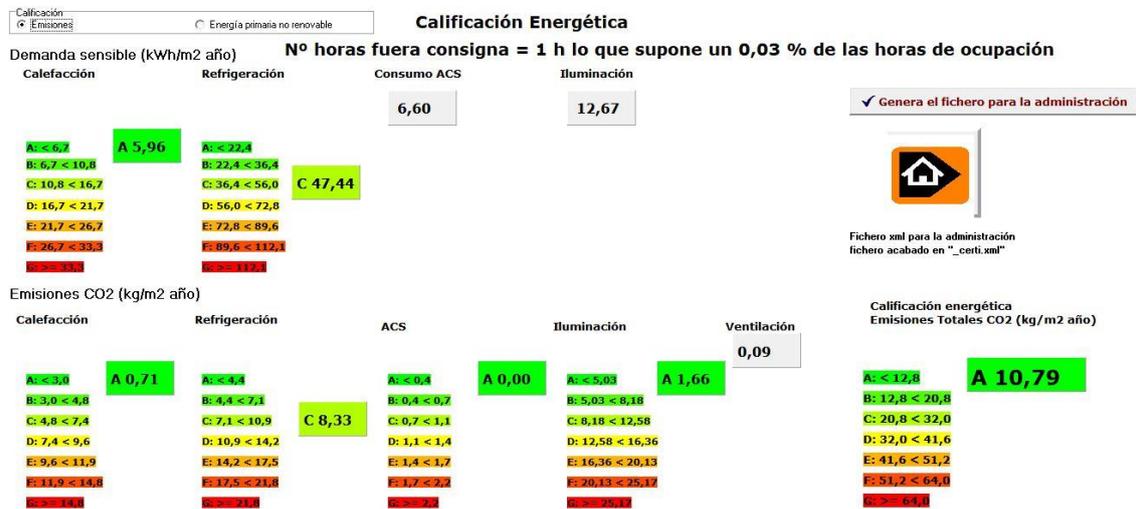


Figura 100. Certificación terciario CTE 2012 (Fuente: CERMA)

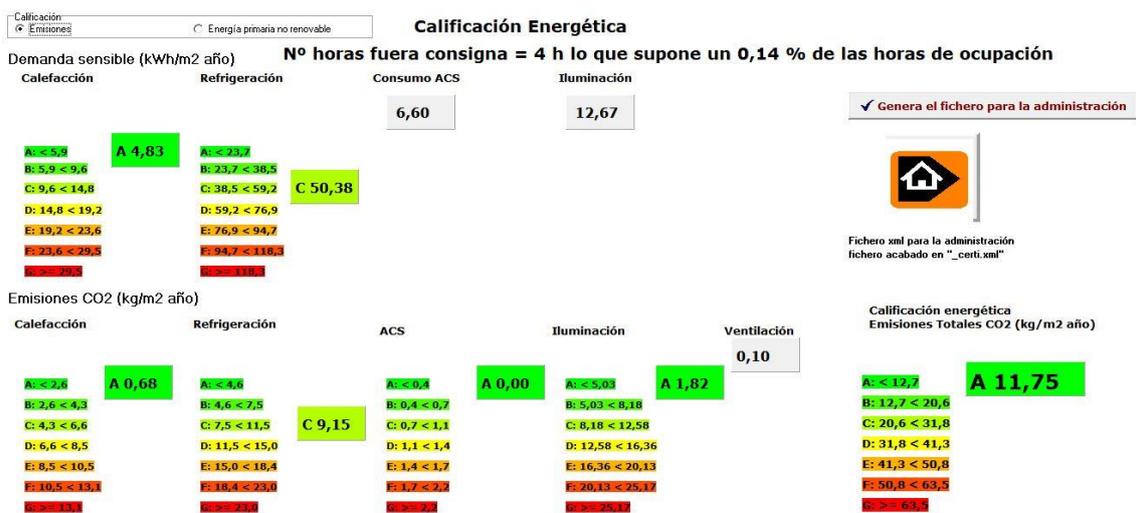


Figura 101. Certificación terciario CTE 2022 (Fuente: CERMA)

Por lo que respecta al caso terciario, se puede observar la misma tendencia que en el residencial, es decir, una continua reducción de la demanda de calefacción. Sin embargo, en este caso el

aumento de refrigeración es más notable, ya que se pasa del caso base con una demanda de 32.26 kWh/m²·año a una demanda en el 2022 de 50.38 kWh/m²·año, lo que supone un aumento de un 36% en la demanda.

De este primer vistazo a los resultados, en ambos casos se podría valorar que las potencias necesitadas en los equipos de calefacción y de refrigeración, podrían no ser equivalentes a las indicadas en los casos oficiales, que es como se denominan a partir de ahora los con el CERMA sin modificar los datos climatológicos.

En las siguientes tablas, se muestra, a modo resumen, los resultados obtenidos tanto en los casos oficiales como en los cuatro años certificados:

Tabla 11. Resumen de calificaciones obtenidas residencial (Fuente: Elaboración propia)

Año	Calificación (kWh/m²·año)	Demanda calefacción (kWh/m²·año)	Demanda refrigeración (kWh/m²·año)
Oficial	A 4.58	D 32.8	B 19.3
1992	A 4.86	C 29.4	C 22.00
2002	A 3.28	C 21.1	B 19.2
2012	A 5.85	C 27.8	D 31.00
2022	A 4.18	B 17.3	D 29.4

Tabla 12. Resumen de calificaciones obtenidas terciario (Fuente: Elaboración propia)

Año	Calificación (kWh/m²·año)	Demanda calefacción (kWh/m²·año)	Demanda refrigeración (kWh/m²·año)
Oficial	A 8.96	B 6.56	C 32.26
1992	A 10.25	B 9.84	C 33.56
2002	A 8.83	A 3.87	C 36.17
2012	A 10.79	A 5.96	C 47.44
2022	A 11.75	A 4.83	C 50.38

4. ESTUDIO DE LOS RESULTADOS

Una vez obtenidas las certificaciones resumidas en las tablas anteriores para cada uno de los casos, con lo ayuda de la opción del CERMA que permite descargar los datos de las 8760 horas del año. Estos datos permiten valorar tanto las condiciones exteriores, como las interiores del local o las demandas de calefacción y refrigeración hora a hora durante todo el año.

Así pues, obteniendo los datos para cada uno de los datos y trabajándolos mediante el software Excel, se realizan diferentes análisis. Para ello, se extraen valores como temperaturas exteriores y del local, tanto promedios como máximas y mínimas, las sumas de las demandas de calefacción y refrigeración, valores de humedad, etc.

En este sentido, dado que se trata de datos con 8760 filas para cada uno de los casos certificados realizados, se decide hacer uso de tablas dinámicas y trabajar con promedios, máximos, mínimos o sumas de valores para cada mes en cada caso.

Por tanto, organizando y trabajando cada uno de estos datos se realizan tablas y gráficas que se detallan en los siguientes apartados para comprender los cambios en las demandas y las condiciones del local en base a los climas empleados.

4.1. Estudio de los cambios en la calificación energética obtenida

Con el objetivo de analizar los cambios en la calificación energética en cada caso, en primer lugar, es necesario estudiar las diferencias en las condiciones exteriores entre los casos.

Para ello, a partir de los valores promedios mes a mes en cada caso, se realiza una gráfica con los valores de la temperatura seca exterior promedio en el caso residencial, es decir, zona climática B4, tal y como se muestra en la siguiente figura:

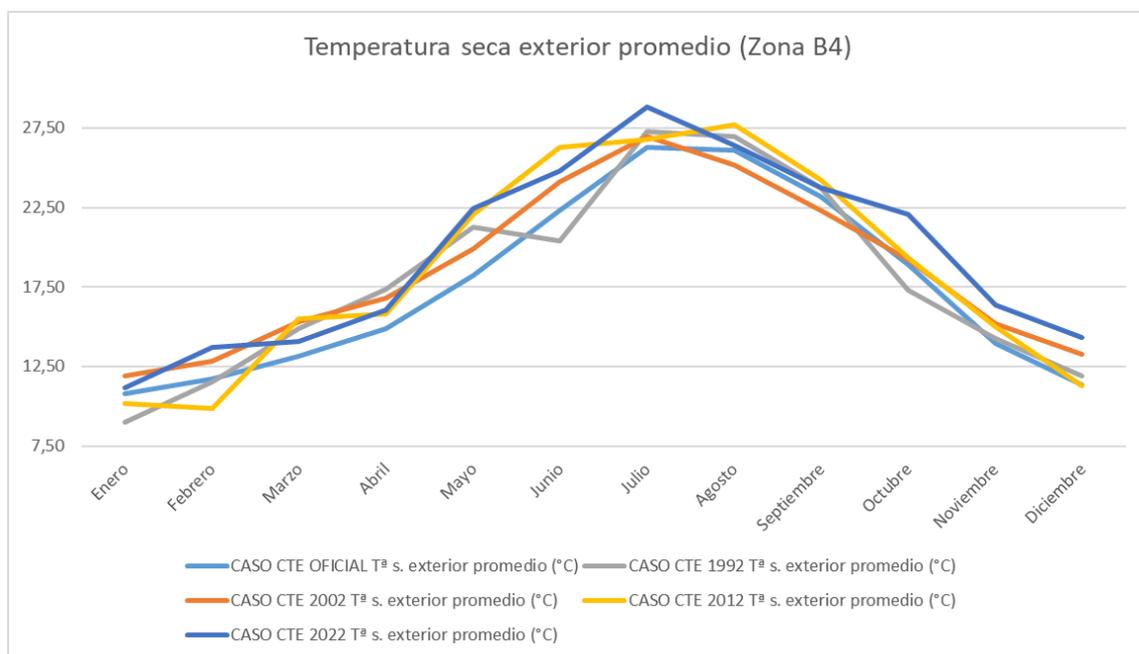


Figura 102. Temperatura seca exterior promedio Zona B4 (Fuente: Elaboración propia)

En este sentido, se observa que la temperatura seca promedio en el caso oficial se encuentra ligeramente por debajo a los años estudiados, sin embargo, la tendencia es similar y, salvo

algunos picos y casos extremos en algunos años, si bien se observa un aumento en general, en el gráfico no se aprecia correctamente si es realmente significativo.

Debido a ello, tomando los valores promedio obtenidos, con el fin de ver claramente la tendencia entre años, se calcula tasa de variación porcentual mes a mes y del promedio del año.

Este se desarrolla considerando el caso de temperaturas oficiales como el caso base y comparando 1992, 2002, 2012 y 2022 a partir de este. Por tanto, se calcula la tasa de variación entre estos años empleando la siguiente fórmula:

$$Tasa\ de\ variación\ (\%) = \frac{Valor\ del\ Año\ Actual - Valor\ del\ Año\ Anterior}{Valor\ del\ Año\ Anterior} \cdot 100$$

De este cálculo se obtienen los valores que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 13. Variación T^s secas Zona B4 (Fuente: Elaboración propia)

Mes	T.var. Ts Oficial-1992	T.var. Ts 1992-2002	T.var. Ts 2002-2012	T.var. Ts 2012-2022
Enero	-16,66%	32,80%	-14,75%	9,60%
Febrero	-1,61%	11,36%	-22,92%	38,35%
Marzo	13,50%	2,77%	1,35%	-9,16%
Abril	16,61%	-3,27%	-5,80%	1,54%
Mayo	16,77%	-6,28%	10,91%	1,58%
Junio	-8,53%	17,98%	9,13%	-5,74%
Julio	3,86%	-1,30%	-0,57%	7,58%
Agosto	3,29%	-6,52%	9,99%	-4,66%
Septiembre	2,56%	-5,93%	8,42%	-1,93%
Octubre	-8,58%	11,35%	0,61%	14,08%
Noviembre	2,14%	6,36%	-1,32%	9,45%
Diciembre	4,64%	11,77%	-14,88%	26,71%
PROMEDIO	2,41%	3,33%	0,49%	4,40%

De los resultados obtenidos, se puede observar que la tendencia es de aumentar la temperatura seca exterior, es decir, la temperatura promedio anual para todos los años, considerando el oficial como el primero, aumenta siempre respecto al anterior año comparado.

Además, se puede observar que las temperaturas en meses de invierno, salvo algunos datos puntuales del 2012, aumentan considerablemente entre los años comparados.

Asimismo, si se toman los valores promedios anuales y se realiza el cálculo de la tasa de variación tomando siempre como base el caso oficial, se puede observar cómo año a año desde el 1992 hasta el 2022 el promedio anual va creciendo, siendo un 11,02% mayor en el 2022 respecto a los climas oficiales empleados por el CERMA.

Tabla 14. Variación T^s secas respecto oficial Zona B4 (Fuente: Elaboración propia)

Valor	T.var. Ts Oficial-1992	T.var. Ts Oficial-2002	T.var. Ts Oficial-2012	T.var. Ts Oficial-2022
PROMEDIO ANUAL	2,41%	5,82%	6,33%	11,02%

De esta manera, se puede ver claramente como la temperatura seca exterior promedio de los climas oficiales es siempre menor respecto a los climas reales. Además, se observa que esta diferencia se va pronunciando según van pasando los años.

Sin embargo, no es donde mayor diferencias se aprecian, ya que, si se analizan las temperaturas húmedas promedio, se puede observar en la gráfica como la temperatura húmeda oficial se encuentra apreciablemente por debajo de las temperaturas húmedas del resto de años.

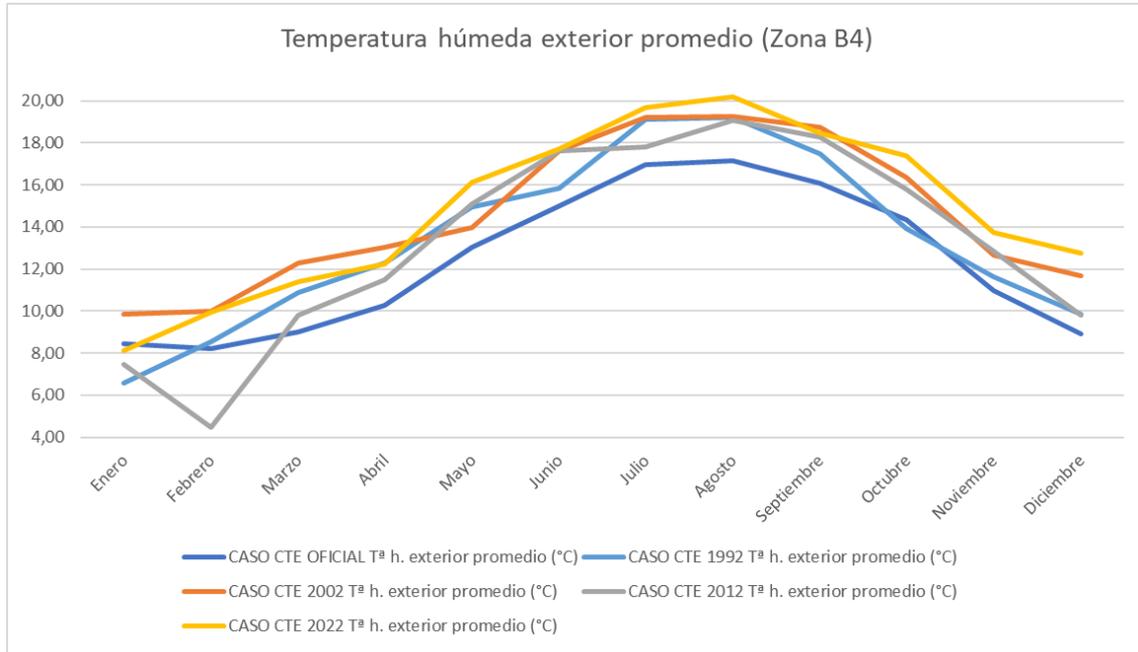


Figura 103. Temperatura húmeda exterior promedio Zona B4 (Fuente: Elaboración propia)

Para analizar en detalle estas diferencias, también se calcula la tasa de variación porcentual tomando como año base el de los datos oficiales del CERMA, obteniéndose los resultados que se muestran a continuación:

Tabla 15. Variación de las T^hs húmedas Zona B4 (Fuente: Elaboración propia)

Mes	T.var. Th Oficial-1992	T.var. Th 1992-2002	T.var. Th 2002-2012	T.var. Th 2012-2022
Enero	-22,07%	49,19%	-24,24%	9,35%
Febrero	3,80%	17,07%	-55,28%	122,76%
Marzo	21,06%	12,72%	-20,10%	16,28%
Abril	19,45%	5,88%	-11,79%	6,51%
Mayo	14,53%	-6,40%	8,13%	6,76%
Junio	5,47%	11,22%	0,10%	0,64%
Julio	12,59%	0,45%	-7,21%	10,62%
Agosto	12,21%	0,28%	-1,04%	5,83%
Septiembre	8,66%	7,38%	-2,53%	0,89%
Octubre	-2,78%	17,56%	-3,48%	9,96%
Noviembre	6,27%	8,61%	1,39%	6,95%
Diciembre	10,40%	18,40%	-15,81%	29,88%
PROMEDIO	8,02%	8,93%	-8,62%	11,42%

De los resultados anteriores se puede observar que también existe una importante aumento de la temperatura húmeda exterior, más pronunciada aún que en el caso de la temperatura seca. Si bien se observa que en el 2012 hay en general una disminución respecto al 2002, la tendencia es creciente y, si se observa la variación de cada año respecto a las temperaturas oficiales, se puede ver que la temperatura húmeda, salvo en el 2012, crece el doble que la seca.

Tabla 16. Variación T^hs húmedas respecto oficial Zona B4 (Fuente: Elaboración propia)

Mes	T.var. Th Oficial-1992	T.var. Th Oficial-2002	T.var. Th Oficial-2012	T.var. Th Oficial-2022
PROMEDIO	8,02%	17,66%	7,52%	19,80%

Si se analizan los mismos datos para el caso del terciario, que se encuentra en una zona climática B3, se pueden observar la misma tendencia, tal y como se muestra en las siguientes tablas:

Tabla 17. Variación T^ss secas respecto oficial Zona B3 (Fuente: Elaboración propia)

Mes	T.var. Ts Oficial-1992	T.var. Ts Oficial-2002	T.var. Ts Oficial-2012	T.var. Ts Oficial-2022
PROMEDIO	-2,32%	2,62%	4,45%	7,78%

A pesar de ello, en este caso el aumento de la temperatura seca respecto a la oficial no es tan grande como en el caso anterior. Sin embargo, las diferencias con la húmeda son considerablemente más pronunciadas, tal y como se muestra en la siguiente figura:

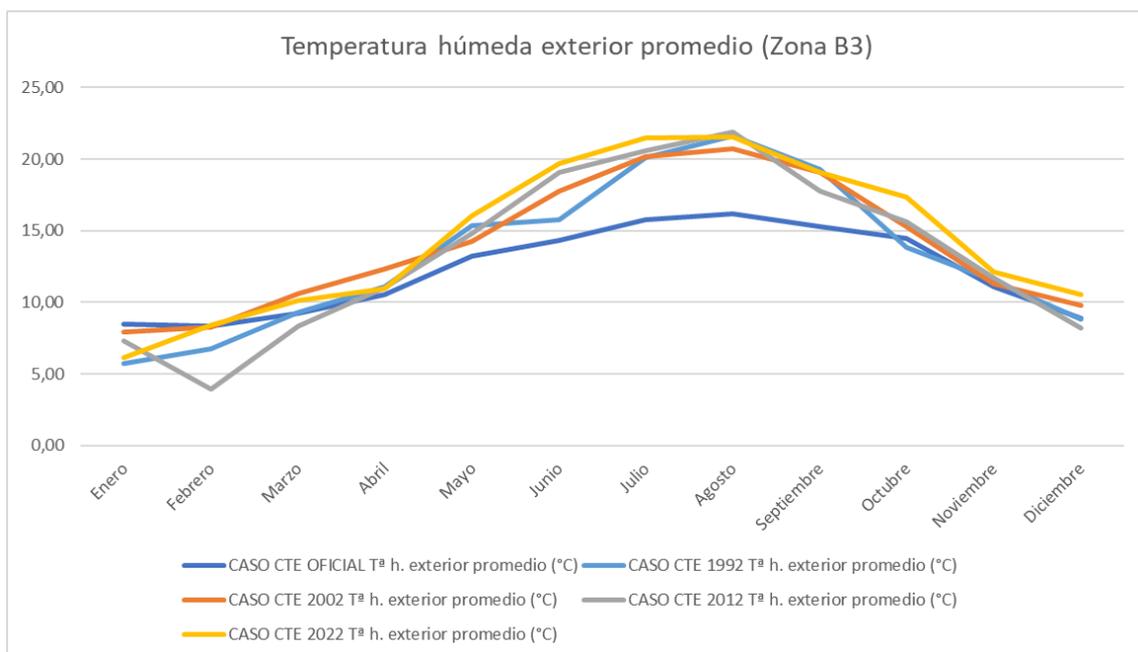


Figura 104. Temperatura húmeda exterior promedio Zona B3 (Fuente: Elaboración propia)

De esta manera, observando la tasa de variación de las temperaturas húmedas promedio año a año respecto a la oficial, se observa un importante crecimiento, que en el peor de los casos, es decir, el año 2012, duplica el aumento de la temperatura seca, llegando a multiplicar por seis el aumento respecto a la seca en el 2002, tal y como se muestra en la siguiente figura:

Tabla 18. Variación T^{as} húmedas respecto oficial Zona B4 (Fuente: Elaboración propia)

Mes	T.var. Th Oficial-1992	T.var. Th Oficial-2002	T.var. Th Oficial-2012	T.var. Th Oficial-2022
PROMEDIO	9,23%	14,95%	9,90%	19,08%

Si se analiza en detalle estas tendencias identificadas en ambos casos, se pueden extraer diversas reflexiones.

Por una parte, en ambos casos y para todos los años, se observa un aumento significativo de las temperaturas secas promedio, tanto mes a mes, siendo más pronunciada en los meses de invierno, como de forma anual, lo que indica que año a año esta diferencia es mayor respecto a los datos climatológicos empleados por el CERMA para realizar la certificación.

Por otra parte, si bien la temperatura seca aumenta, la temperatura húmeda crece, en el peor de los casos, el doble, lo que implica un aumento generalizado de la humedad relativa del ambiente exterior.

Este aspecto puede afectar principalmente a la variación de la temperatura durante las horas del día, ya que, al aumentar la humedad, aumenta la cantidad de vapor de agua en el ambiente, que es el gas natural de efecto invernadero más importante de la atmósfera.

Esta mayor concentración de vapor de agua implica una menor variación de la temperatura en verano por las noches, ya que su presencia permite retener más el calor del ambiente, por lo que la temperatura no desciende tanto como se espera en los climas oficiales, lo que provoca las denominadas noches tropicales, que cada vez son más frecuentes.

Por tanto, en este primer análisis se identifica una diferencia en las temperaturas promedio esperadas por los climas oficiales respecto a los reales, pero aún mayor en el caso de las temperaturas húmedas, lo que implica que la humedad relativa del ambiente es mayor a la esperada.

En este sentido, en consonancia con los resultados generales de las certificaciones vistas en el apartado anterior, se puede observar como la demanda de refrigeración crece año a año, debido a lo anteriormente expuesto.

Al mismo tiempo, tal y como se comenta anteriormente, se observa que las temperaturas promedio, tanto secas como húmedas, aumentan en mayor medida en los meses de invierno, lo que puede explicar cómo en las certificaciones realizadas en el apartado anterior, las demandas de calefacción se van reduciendo según avanzan los años hacia los más recientes.

4.1.1. Análisis de la variación de la demanda energética de los edificios

En base al análisis anterior, es necesario estudiar en detalle qué ocurre con las demandas de refrigeración y calefacción en los años certificados en base a los resultados con los datos oficiales.

Para ello, primer se analiza el caso residencial, donde se puede observar que en general la demanda de refrigeración total es superior al caso con los datos oficiales, tal y como se puede ver en la siguiente figura:

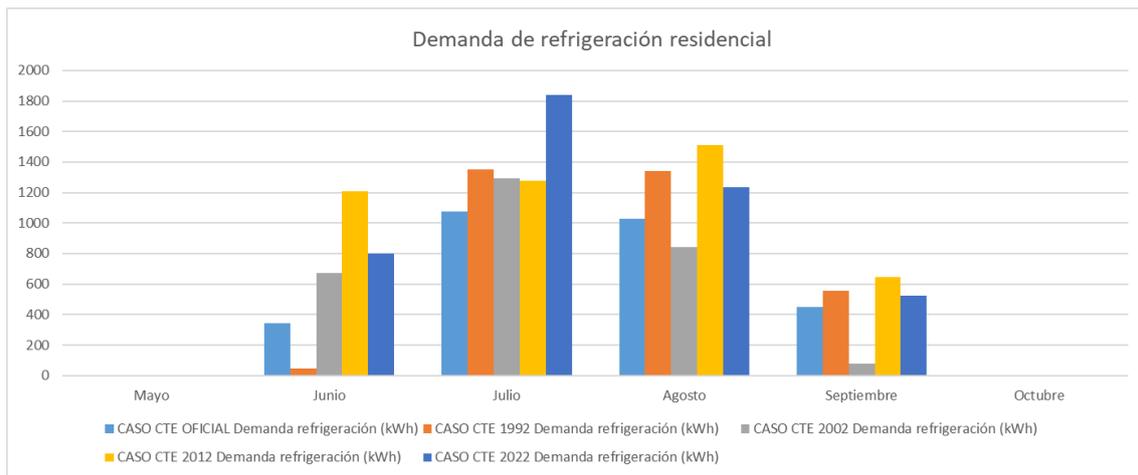


Figura 105. Demanda de refrigeración residencial (Fuente: Elaboración propia)

De las gráficas anteriores, se puede ver que excepto el año 2002, las demandas de refrigeración mes a mes, son considerablemente mayores a las contempladas con los datos oficiales

Para observar esto con mayor detalle, se muestra en la siguiente gráfica las demandas totales de refrigeración anual en cada caso:

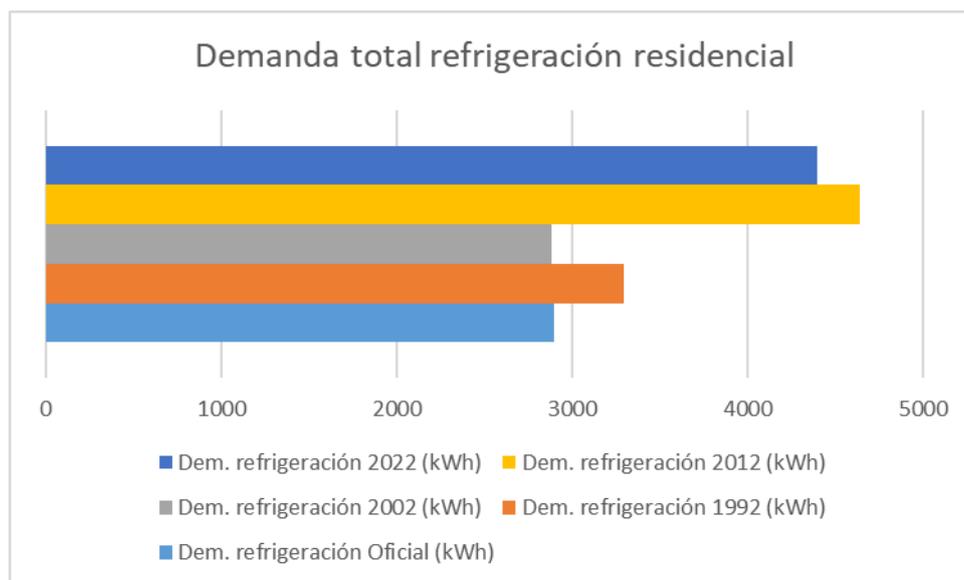


Figura 106. Demanda total refrigeración residencial (Fuente: Elaboración propia)

Si se observa la variación mes a mes y del promedio respecto al caso oficial, se puede ver, por una parte, que, como se ha comentado anteriormente, la demanda en el 2002 es menor incluso al caso oficial.

En este sentido, si se ven los datos del apartado anterior respecto a las temperaturas promedio en los meses agosto y septiembre, se puede ver en la Tabla 13 que estos meses fueron menos cálidos incluso que en los datos oficiales, lo que explica la menor demanda de refrigeración, lo que se corresponde con lo que se puede ver en la Tabla 19.

Tabla 19. Variación demanda de refrigeración respecto oficial residencial (Fuente: Elaboración propia)

Mes	T. var. Oficial-1992	T. var. Oficial-2002	T. var. Oficial-2012	T. var. Oficial-2022
Junio	-87,17%	95,34%	251,60%	133,53%
Julio	25,56%	20,17%	18,59%	70,82%
Agosto	30,64%	-18,29%	47,18%	19,94%
Septiembre	23,78%	-82,89%	43,33%	16,44%
TOTAL	13,74%	-0,59%	60,17%	51,74%

Por otro lado, de los datos de la Tabla 19 se puede observar cómo existe un gran aumento de la demanda de refrigeración los meses de junio año a año, lo que implica un aumento de las temperaturas promedio este mes.

En este sentido, se decide realizar una primera observación de las temperaturas secas internas del local durante el año, que son las temperaturas que se tienen en cuenta para activar o no la demanda de refrigeración/calefacción, con el fin de observar el comportamiento en los meses de transición, dado que se observa este gran aumento en el mes de junio. En la siguiente figura se muestran los resultados obtenidos:

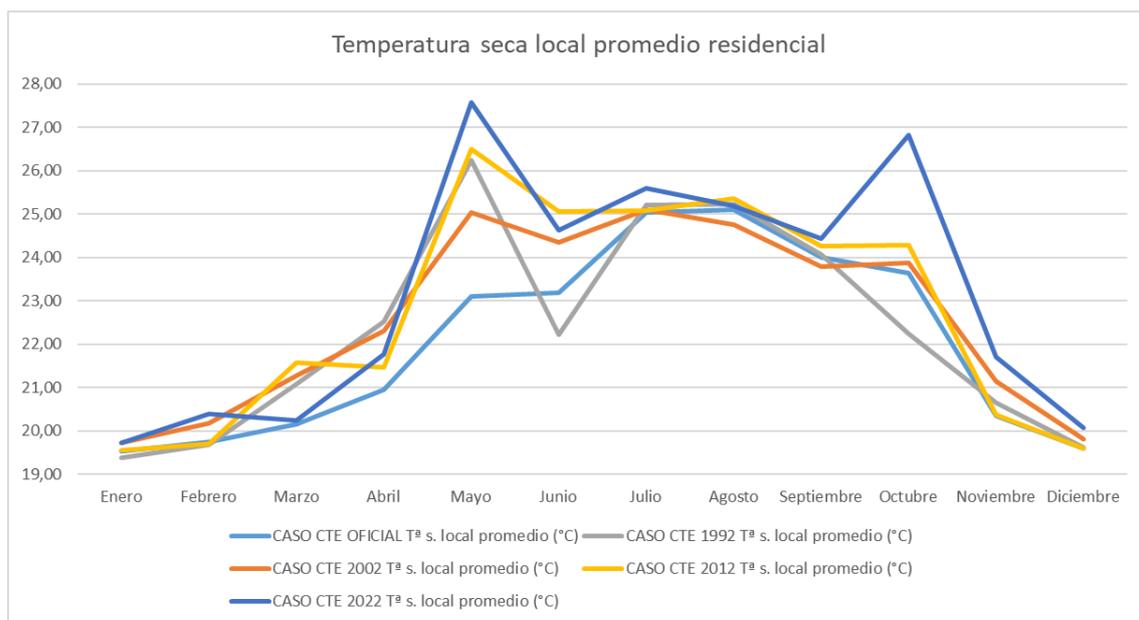


Figura 107. Tª seca local promedio residencial (Fuente: Elaboración propia)

En la gráfica anterior se aprecia claramente un aumento desmesurado de la temperatura seca del local el mes de mayo, ya que, según lo establecido en el CTE, en este no se puede activar la refrigeración. Además, este aumento se aprecia en todos los años, salvo en el caso oficial.

Asimismo, se observa una ligera tendencia, más pronunciada en el 2022, a ocurrir lo mismo en el mes de octubre.

Este aspecto se analiza en mayor detalle en el apartado de análisis de confort de los ocupantes, ya que se encuentra directamente relacionado con este.

Por tanto, de forma resumida, se puede ver que la tendencia año a año es aumentar la demanda de refrigeración y, también se puede observar que meses como mayo u octubre, puedan requerir también de esta.

En cuanto a la demanda calefacción, ocurre el caso contrario, tal y como se indica en el apartado anterior, las temperaturas promedio aumentan, al mismo tiempo que aumenta la humedad en el ambiente. A continuación, se muestra la demanda de calefacción total mes a mes:

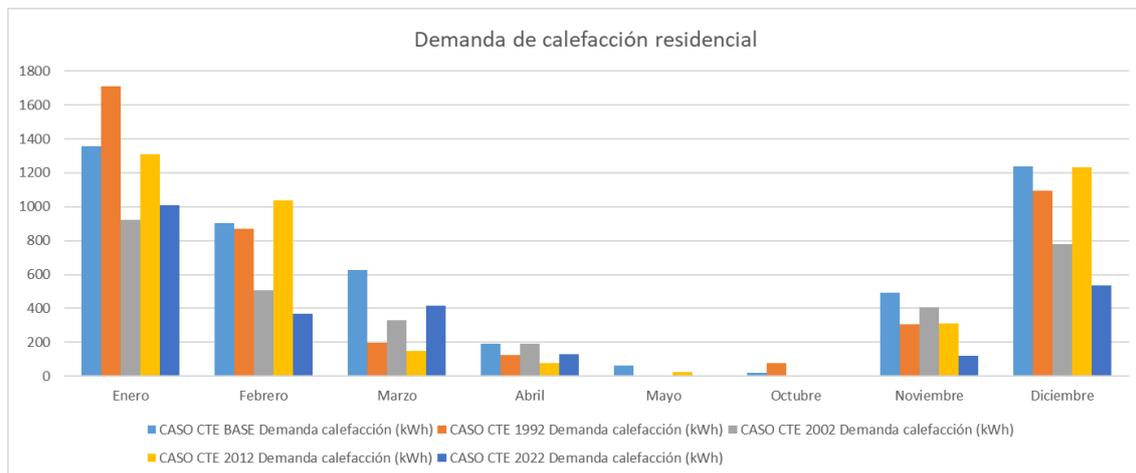


Figura 108. Demanda de calefacción residencial (Fuente: Elaboración propia)

Esto supone que, tal y como se ve en la siguiente figura, la demanda de calefacción total sea mayor en el caso oficial que en las certificaciones realizadas con los datos climatológicos reales:

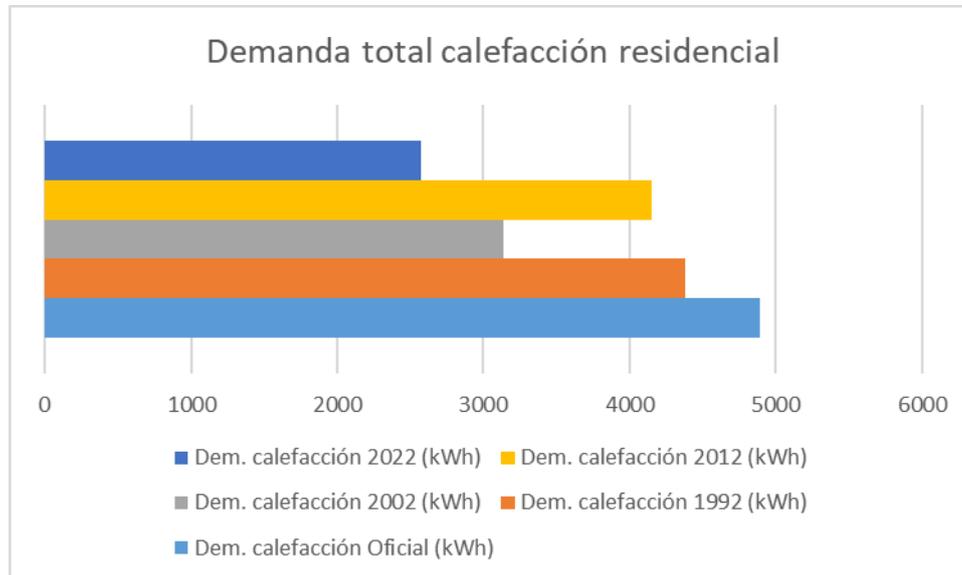


Figura 109. Demanda total calefacción residencial (Fuente: Elaboración propia)

Si se analiza en mayor detalle la variación de la demanda de calefacción respecto a la certificación oficial, en relación con lo anteriormente comentado de los meses de mayo y octubre, se puede observar una tendencia a reducir prácticamente por completo las necesidades de calefacción en estos meses.

Esto se debe principalmente al aumento de la temperatura seca promedio de estos meses, tal y como se ve en el apartado anterior y, concretamente, en la Tabla 13, así como al aumento de las temperaturas húmedas que se muestra en la Tabla 15.

En la siguiente tabla, se muestra la variación de demanda de calefacción en el caso residencial:

Tabla 20. Var. demanda calefacción respecto oficial residencial (Fuente: Elaboración propia)

Mes	Tasa variación Oficial-1992	Tasa variación Oficial-2002	Tasa variación Oficial-2012	Tasa variación Oficial-2022
Enero	25,98%	-31,96%	-3,48%	-25,57%
Febrero	-3,60%	-43,85%	15,01%	-59,29%
Marzo	-68,71%	-47,18%	-76,45%	-33,57%
Abril	-33,80%	-0,56%	-58,95%	-32,99%
Mayo	-100,00%	-100,00%	-60,10%	-100,00%
Octubre	256,10%	-100,00%	-80,13%	-100,00%
Noviembre	-37,91%	-17,28%	-37,24%	-75,57%
Diciembre	-11,46%	-36,86%	-0,18%	-56,72%
TOTAL	-10,43%	-35,82%	-15,22%	-47,32%

Por tanto, de forma resumida tras realizar un análisis de las demandas de energía del edificio residencial, se puede establecer que, al utilizar los climas reales, se puede observar una tendencia al aumento de la demanda de refrigeración y un descenso de las necesidades de calefacción. Más adelante, se ve que influencia pueden tener estas tendencias sobre las instalaciones del edificio residencial, así como en elementos como la envolvente térmica.

Tras analizar las demandas del residencial, el siguiente paso es realizar este mismo para el caso terciario, donde los resultados obtenidos en las certificaciones de los apartados anteriormente muestran una tendencia similar a lo visto en el caso residencial.

En este caso, el CTE establece la posibilidad de activar la refrigeración y la calefacción en cualquier época del año en base a las necesidades del local. En consecuencia, se pueden observar demandas de refrigeración en varios meses del año, tal y como se muestra en la siguiente figura:

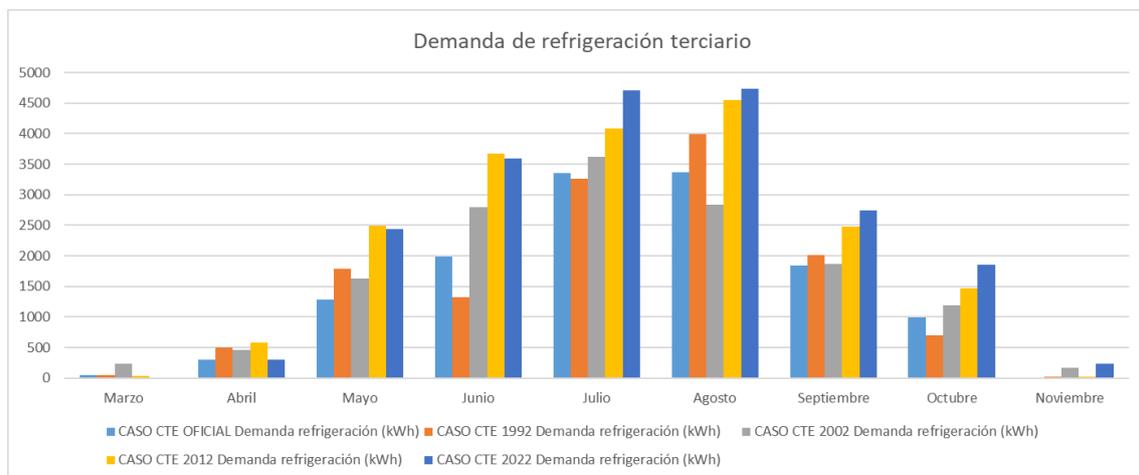


Figura 110. Demanda de refrigeración terciario (Fuente: Elaboración propia)

Por tanto, analizando los datos de demanda mensuales como los totales, también se puede observar un aumento progresivo de la demanda de refrigeración en el caso terciario para los años certificados, tal y como se ve en la siguiente figura:

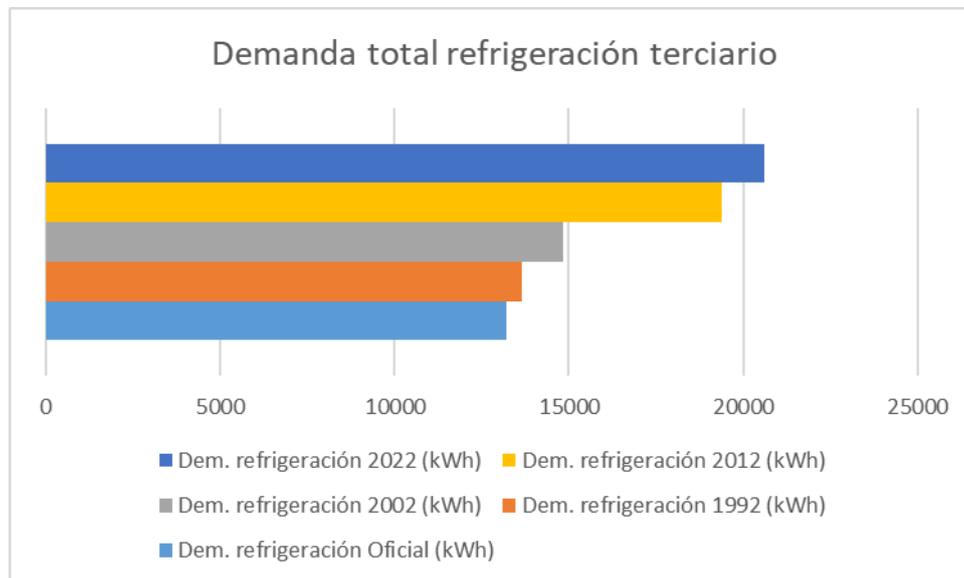


Figura 111. Demanda total refrigeración terciario (Fuente: Elaboración propia)

Si se analiza en detalle qué ocurre respecto al caso oficial, por una parte, se puede ver que la demanda total anual crece de forma consecutiva año a año y en el 2022 es un 56% mayor que en el caso oficial, lo que supone un fuerte aumento.

Por otra parte, se puede observar que de forma general en los meses de transición entre verano/invierno, la demanda de refrigeración crece, especialmente los meses de mayo y octubre.

Asimismo, también es reseñable que durante el mes de noviembre en el caso oficial no exista demanda de refrigeración, sin embargo, en el resto de los años aparece demanda de esta.

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos:

Tabla 21. Var. demanda refrigeración respecto oficial terciario (Fuente: Elaboración propia)

Mes	Tasa variación Oficial-1992	Tasa variación Oficial-2002	Tasa variación Oficial-2012	Tasa variación Oficial-2022
Enero	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Febrero	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%
Marzo	-12,50%	321,43%	-37,50%	-100,00%
Abril	64,61%	51,95%	89,94%	-2,92%
Mayo	39,42%	27,32%	94,69%	89,93%
Junio	-33,42%	41,49%	85,21%	81,47%
Julio	-2,86%	7,71%	21,49%	40,03%
Agosto	18,23%	-16,00%	34,88%	40,25%
Septiembre	9,49%	0,92%	34,47%	49,05%
Octubre	-29,26%	19,58%	48,54%	87,08%
Noviembre	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Diciembre	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
TOTAL	3,49%	12,32%	46,93%	56,15%

En cuanto a la demanda de calefacción, se observa también un descenso general, del mismo modo que en el caso anterior, ya que, salvo en el año 1992, la demanda es siempre inferior al caso oficial.

Observando los resultados mensuales, se puede observar que en enero de 1992 la demanda fue prácticamente el doble al resto de años, lo que tiene lógica, ya que tal y como se ve en la Tabla 13, las temperaturas promedio del mes de enero de 1992 fueron un 16.66% menores al caso oficial, lo que explica este salto de demanda. En la siguiente figura se muestran los resultados mensuales:

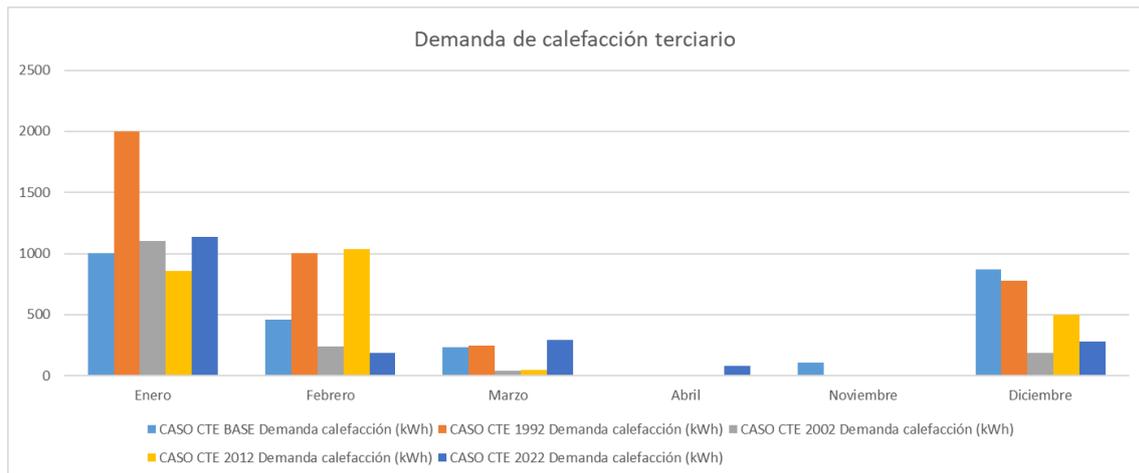


Figura 112. . Demanda de calefacción terciario (Fuente: Elaboración propia)

En consecuencia, la demanda total de cada año, salvo el 1992, es menor a lo calculado con los datos oficiales. A continuación, se detalla la demanda total de calefacción para cada año certificado, así como para el caso oficial:

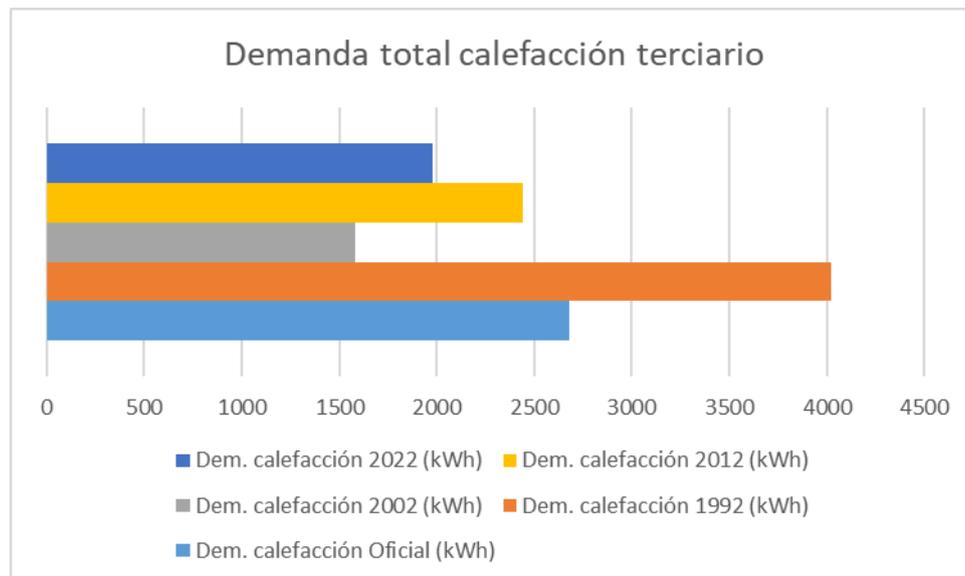


Figura 113. Demanda total calefacción terciario (Fuente: Elaboración propia)

En este sentido, es interesante analizar el caso de enero 1992 en el que, como se ha comentado anteriormente, las temperaturas secas promedio fueron un 16.66% menores al caso oficial, mientras que las temperatura húmedas promedio fueron un 22% menores.

Sin embargo, la demanda de calefacción es prácticamente el doble, lo que puede dar una idea de la fuerte influencia de las temperaturas exteriores en la demanda de calefacción de las instalaciones de los edificios.

En la siguiente tabla, se muestra la variación de demanda de calefacción:

Tabla 22. Var. demanda calefacción respecto oficial terciario (Fuente: Elaboración propia)

Mes	Tasa variación Oficial-1992	Tasa variación Oficial-2002	Tasa variación Oficial-2012	Tasa variación Oficial-2022
Enero	99,93%	10,38%	-14,38%	13,72%
Febrero	116,86%	-48,38%	124,56%	-59,84%
Marzo	3,25%	-81,21%	-80,97%	22,77%
Abril	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Mayo	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Junio	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Julio	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Agosto	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Septiembre	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Octubre	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Noviembre	-97,98%	-93,22%	-96,44%	-100,00%
Diciembre	-11,07%	-78,43%	-43,01%	-67,98%
TOTAL	50,06%	-40,97%	-9,04%	-26,29%

4.1.2. Análisis del confort de los ocupantes

El siguiente aspecto que es relevante analizar es el confort de los ocupantes, ya que es necesario garantizar este para, atendiendo a aspectos como la temperatura interior del local y la humedad relativa, que son valores que se obtienen de las certificaciones realizadas.

El método que se utiliza para calcular el confort de los ocupantes es el denominado método de Fanger indicado en la ISO 7730, que es un método ampliamente reconocido y utilizado. Este método también se utiliza en apartados anteriores para calcular la carga radiante debido a la ocupación de personas.

Para ello, se emplea la misma herramienta utilizada anteriormente, que es un programa Excel que utiliza macros aportado por el tutor para la realización de estos cálculos. Mediante esta, considerando los valores de tasa metabólica, en unidades met, el valor clo correspondiente al aislamiento de la ropa, la temperatura seca del local, la humedad relativa, la temperatura radiante media y la velocidad del aire, se calculan los valores PMV y PPD.

El valor PMV es el índice de voto medio estimado (Predicted Mean Vote), que refleja el valor medio de los votos emitidos por un grupo de personas según las condiciones del local y se encarga de predecir el valor medio de la sensación térmica, según los siguientes valores:

Tabla 23. Valores de sensación térmica PMV (Fuente: Evaluación del confort térmico con el método de Fanger. Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia, 2015)

PMV	SENSACIÓN TÉRMICA
3	Muy caluroso
2	Caluroso
1	Ligeramente caluroso
0	Neutro
-1	Ligeramente fresco
-2	Fresco
-3	Frio

Por otra parte, también se define el PPD que es porcentaje de personas insatisfechas (Predicted Percentage Dissatisfied), que es un indicador de la sensación térmica media de un entorno y el porcentaje de personas que se sienten insatisfechas en un local concreto.

De esta manera, para realizar los cálculos del confort es necesario tener en cuenta ciertas consideraciones, por una parte, por simplificación, se considera que la temperatura radiante media es la misma que la temperatura seca del local. Por otro lado, se considera que la velocidad del aire dentro del local es de 0.1 m/s en todos los casos.

Además, se define una tasa metabólica de 100W/persona, dado que se tiene que introducir los valores en unidades met, se realizan los siguientes cálculos:

$$Tasa\ metabólica = \frac{100W}{persona}; Superficie\ corporal\ estándar = 1.8 \frac{m^2}{persona}$$

$$Tasa\ metabólica = \frac{100}{1.8} = 55.55 \frac{W}{m^2}$$

Por tanto, dado que 1 met equivale a 58.15 W/m², se considera que la tasa metabólica es aproximadamente de 1 met, siendo el valor que se utiliza para realizar los cálculos.

Finalmente, es necesario definir valores para el aislamiento debido a la ropa. En este caso, se utiliza un valor de 1 para los meses de enero, febrero, marzo, abril, octubre, noviembre y diciembre. Para el resto de los meses, los más calurosos según lo visto en las temperaturas exteriores para ambos casos, se considera un valor de clo=0.5. De esta manera, se espera aproximar los valores a unas condiciones cercanas a las reales para la obtención de estos índices de confort.

Así pues, para realizar estos cálculos, es necesario obtener las temperaturas secas del interior del local, así como las humedades relativas.

La primera de estas gráficas ya se muestra en un apartado anterior para el caso residencial, donde se ve que los meses de mayo y octubre pueden no encontrarse dentro de unas condiciones ambientales que permitan alcanzar un confort térmico adecuado.

En la siguiente figura se muestra para el caso residencial la gráfica de temperatura seca promedio para cada uno de los años certificados, así como para el caso con temperaturas oficiales:

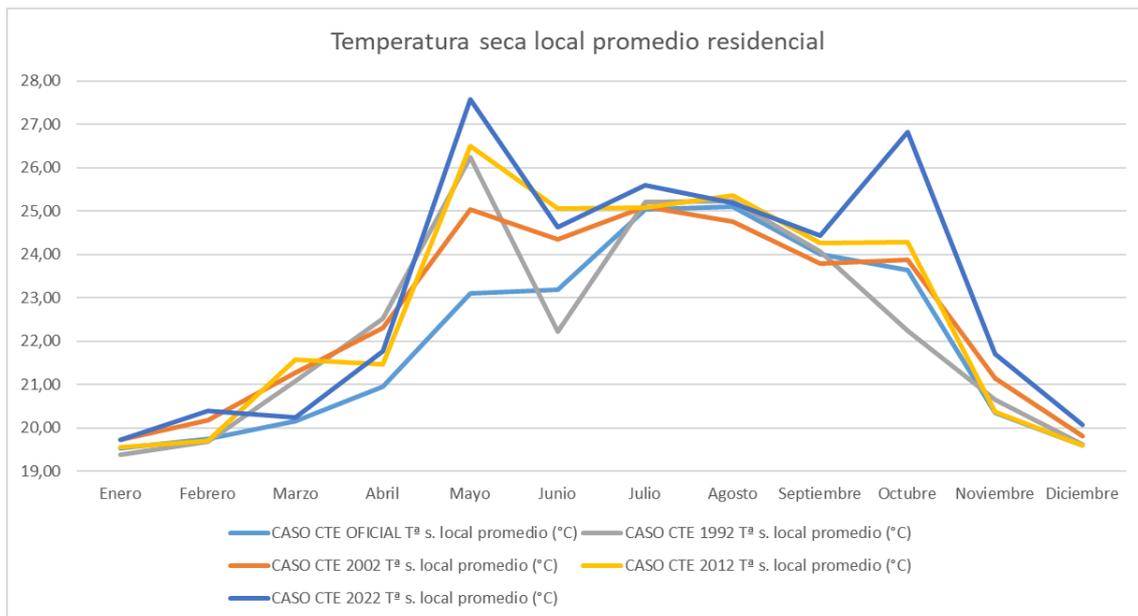


Figura 114. Tª seca promedio local residencial (Fuente: Elaboración propia)

Por lo que respecta a la humedad relativa interior del local, se puede observar cómo hay grandes variaciones a lo largo del año para los diferentes climas reales, mientras que en el caso oficial se tiene unos valores más contenidos, moviéndose en un rango de entre 40%-50% de humedad relativa:

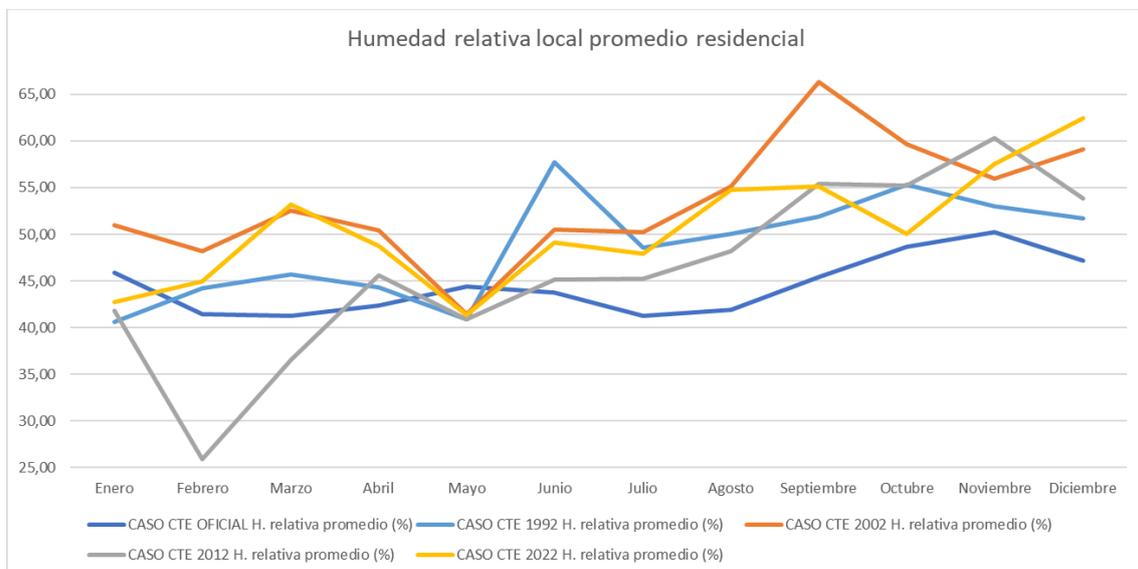


Figura 115. Humedad relativa local promedio residencial (Fuente: Elaboración propia)

Una vez vistos los dos valores que se emplean para calcular el confort de los ocupantes, se realiza el cálculo para cada uno de los casos, tomando para ello los valores de temperatura seca interior medio y la humedad relativa media para cada mes, obteniéndose los valores que se muestran en la siguiente figura:

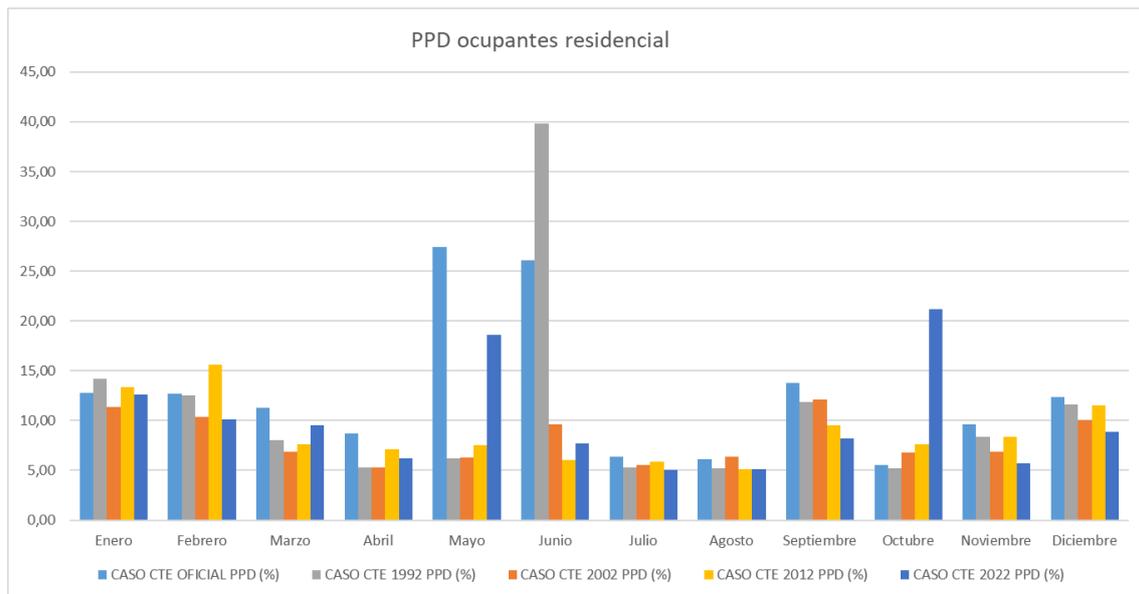


Figura 116. PPD caso residencial (Fuente: Elaboración propia)

Para analizar estos valores se va a tomar los resultados para el PPD, donde se considera que hasta un 10% indica una situación satisfactoria para el 90% de los ocupantes, valores por encima del 10% se considera fuera de los valores deseados para el confort térmico.

En este sentido, de los resultados que se muestran en la figura anterior se puede observar que existen valores por encima del 10% en invierno para los meses de enero y diciembre. Estos pueden ser considerados debido al valor de clo considerados para las horas de la noche, ya que un valor de clo 1, teniendo en cuenta que la temperatura de consigna por las noches es de 17, puede quedarse corto, ya que no se contemplan las mantas. Dado que los resultados no se encuentran muy encima del 10%, se va a considerar este error y se continúa analizando los valores de las épocas de mayores temperaturas.

Por tanto, atendiendo a estas épocas de mayores temperaturas, se pueden observar dos grandes valores muy por encima del resto, por una parte, en junio de 1992, donde hay un alto grado de insatisfechas. Sin embargo, si se observa la gráfica de la Figura 114, se puede observar que junio de 1992 cuenta con unas temperaturas internas considerablemente bajas para un mes de junio, por lo que se debe tratar de un mes con temperaturas más bajas de lo normal, por lo que considerar un valor 0.5 de clo puede provocar dicho grado de insatisfechos.

En consecuencia, se realiza el cálculo para este valor en concreto, considerando un clo de 1 y se obtiene un PPD de 5.1%. Por tanto, se trata de un error de consideración del aislamiento requerido.

En este sentido, es necesario destacar que los valores de clo se definen observando los valores promedio de temperatura, pero revisando caso a caso, se puede aproximar más en detalle. Sin embargo, dado que el objetivo de este estudio es valorar a rasgos generales como varía este con los climas reales, se continúa con las consideraciones realizadas, una vez aclarados los valores fuera de lo corriente.

De esta manera, los casos que se consideran relevantes son los de los mayo, junio, septiembre y octubre, donde se observa una gran disparidad entre el confort según los datos oficiales

respecto a los climas reales, lo cual coincide con los picos de temperatura observados en la Figura 114.

Esto lleva a realizar una prueba mediante el software CERMA para el peor de los casos, que es el del año 2022. Esta prueba consiste en permitir calefacción y refrigeración tanto en mayo como en octubre, que es donde se detectan los picos de temperatura interior del local.

Para ello, se utiliza la simulación libre del software CERMA y se modifica de la siguiente manera:

	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Ocubre	Ni
	Sólo Cale	Cale+Refri	Sólo Refri	Sólo Refri	Sólo Refri	Sólo Refri	Cale+Refri	Si

ración estos meses

Figura 117. Modificación simulación libre terciario 2022 (Fuente: Elaboración propia)

Por tanto, tras realizar la simulación libre con los parámetros indicados, se compara la temperatura seca local promedio del caso residencial

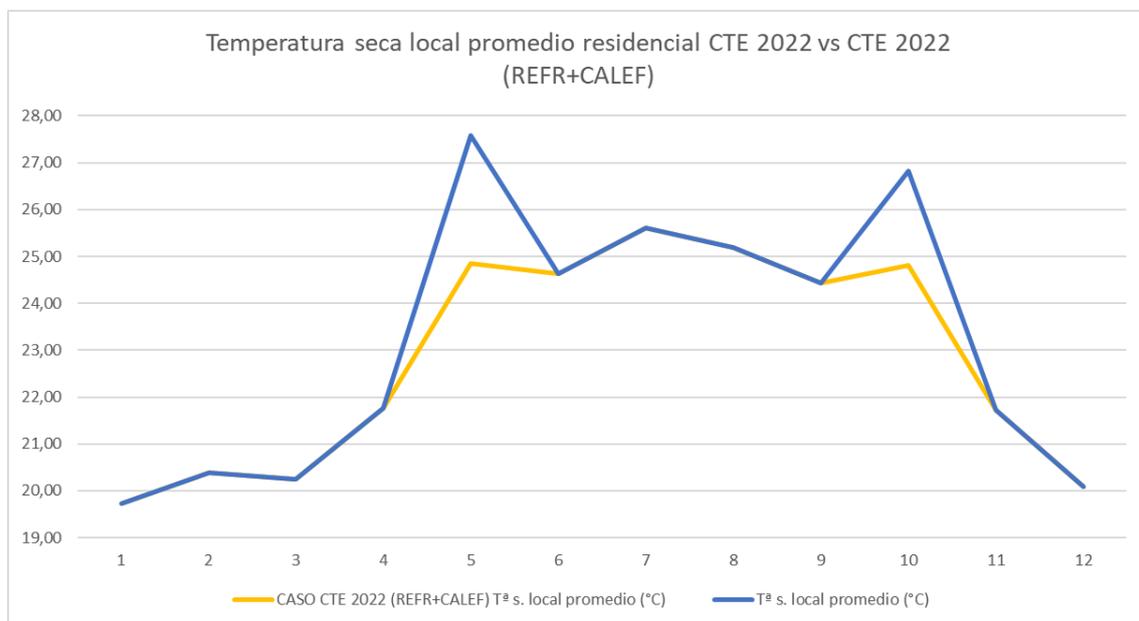


Figura 118. Tª seca local CTE vs simul. Libre residencial (Fuente: Elaboración propia)

En la figura anterior se puede ver cómo, obviamente, al permitir refrigerar estos meses, se reducen los picos vistos anteriormente, lo que permite mantener la temperatura del local siempre por debajo de los 25°C durante estos meses.

Posteriormente, se analiza que impacto tiene este cambio en el confort de los ocupantes, para ello, se realizan los cálculos pertinentes y se compara respecto al caso más extremo, es decir, el 2022, obteniéndose valores por debajo del 10% en los meses que se permiten calefacción y refrigeración al mismo tiempo, tal y como se muestra en la siguiente figura:

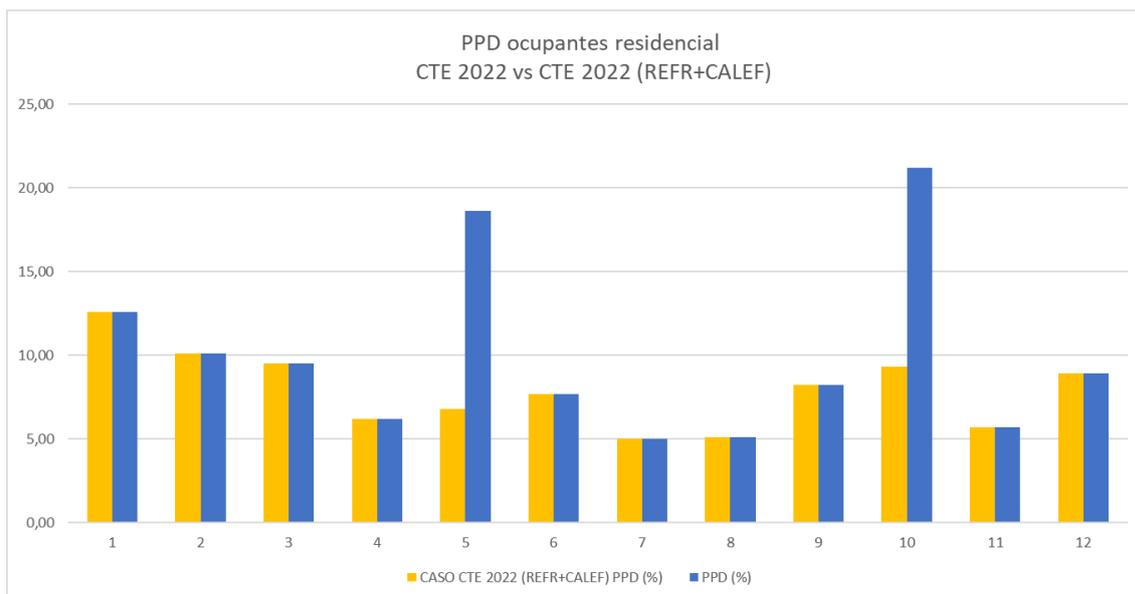


Figura 119. PPD caso CTE vs simul. libre residencial (Fuente: Elaboración propia)

Por lo que respecta al impacto en cuanto a demanda de refrigeración, se puede ver que al permitir refrigerar estos meses, en el mes de mayo se requiere una demanda de refrigeración incluso mayor al mes de junio y, en el caso de octubre, se ve lo mismo si se compara con el mes de septiembre, tal y como se ve en la siguiente tabla:

Tabla 24. Demanda refrigeración CTE vs simul. Libre residencial (Fuente: Elaboración propia)

Mes	Dem. refrigeración 2022 (kWh)	Dem. refrigeración 2022 (REFR+CALEF) (kWh)
Mayo	0	896
Junio	801	801
Julio	1838	1838
Agosto	1233	1233
Septiembre	524	524
Octubre	0	646
TOTAL	4396	5938

Los cambios realizados para la realización de la prueba suponen un aumento de la demanda de refrigeración anual de un 35% respecto al caso CTE.

En este sentido, se puede indicar que, si se permitiese lo que se propone en esta prueba, la calificación energética sería peor que en el caso del CTE, dado que se requeriría más energía para refrigerar según las demandas del local.

Sin embargo, es reseñable que el confort térmico de los ocupantes no tenga impacto en la certificación, dado que al estar esta prueba se mejora considerablemente dicho confort para los meses de mayo y octubre, evitándose alcanzar temperaturas internas por encima de los 27°C.

Asimismo, también es interesante destacar que actualmente el CTE indica que los meses de mayo y octubre solo se puede utilizar la calefacción, ya que, tal y como se ve en los apartados anteriores, en todos los casos realizados con los climas reales, el uso de calefacción durante estos meses es anecdótico.

Sin embargo, para asegurar un adecuado confort de los ocupantes y, dado que son meses de transición entre estaciones cálidas y frías, sería conveniente poder permitir tanto calefacción como refrigeración, dado que mejoraría considerablemente las condiciones ambientales del local durante dichos meses.

Esto es comprobable en el caso terciario, ya que en este caso sí que se permite calefacción y refrigeración durante todos los meses, en base a las necesidades del propio local. En consecuencia, tras analizar las temperaturas secas promedios del local terciario, se puede ver unos resultados muy similares para todas las certificaciones hechas:

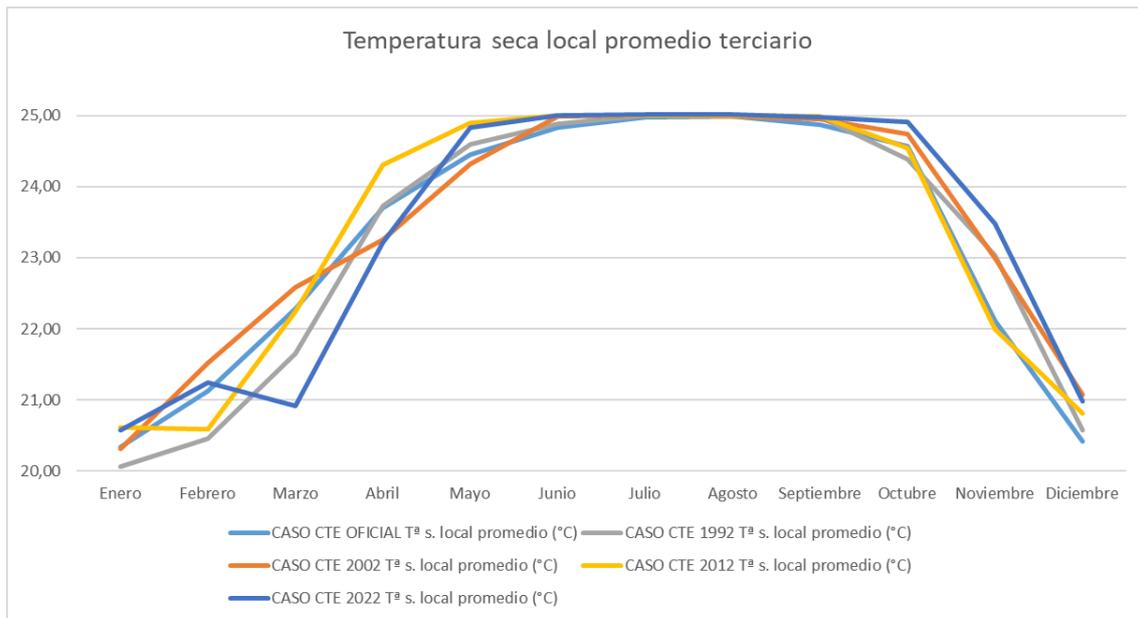


Figura 120. Tª seca promedio local terciario (Fuente: Elaboración propia)

En consecuencia, al realizar los cálculos y analizar el confort de los ocupantes en base a los valores de temperatura seca promedio y los valores de humedad relativa promedio del terciario, se puede observar que los resultados son considerablemente más satisfactorios a los del caso residencial.

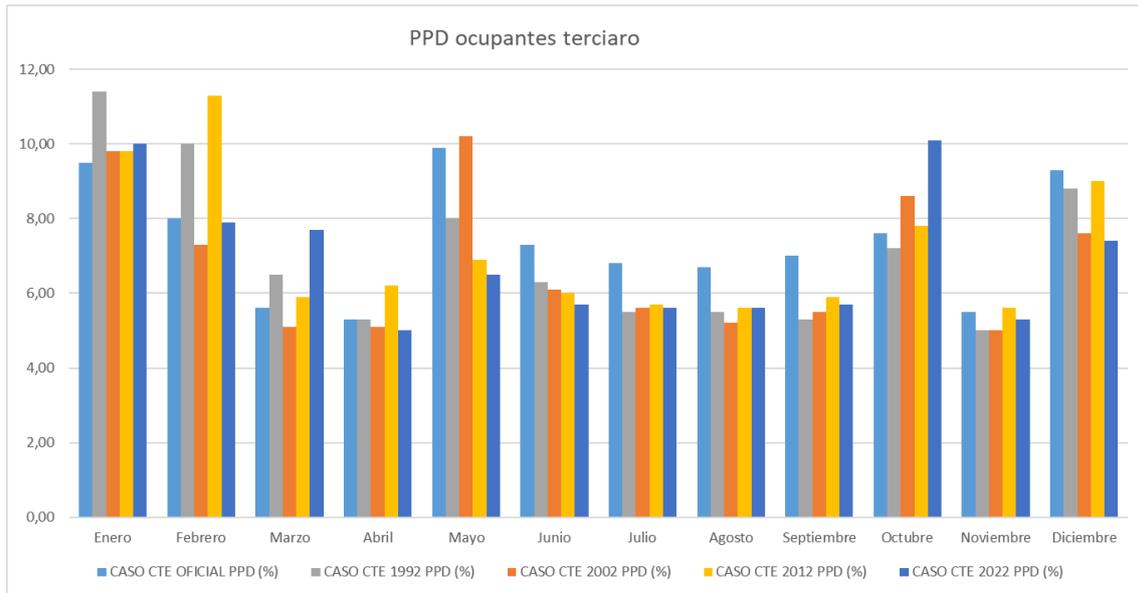


Figura 121. PPD caso terciario (Fuente: Elaboración propia)

Si bien es verdad que se identifican algunos valores por encima del 10% en épocas de calores o frío extremos, sin embargo, en estos el PPD no llega a alcanzar ni un 12% y, probablemente, se podría solucionar ajustando el valor del aislamiento debido a la ropa en las condiciones de invierno y algunos días de verano.

Por tanto, observando los resultados obtenidos en el caso terciario y tras las pruebas realizadas para el residencial, es necesario indicar que los datos oficiales de temperaturas exteriores no se corresponden con la realidad actual y afectan directamente al confort térmico de los ocupantes.

Además, que no se permite actuar de las dos maneras, es decir, refrigeración y calefacción según las necesidades del recinto durante los meses de transición, pueden tener un gran impacto en el confort de los ocupantes, tal y como se ha visto en la prueba realizada y que, además, queda certificado con los resultados del terciario.

5. CONCLUSIONES Y VALORACIÓN DEL POSIBLE IMPACTO DEL ESTUDIO

Una vez analizados todos los datos relevantes para valorar el comportamiento térmico de los edificios objeto del presente estudio, es importante destacar la gran influencia que se ha visto que tiene la temperatura y la humedad exterior en las demandas de calefacción y refrigeración en estos.

En este sentido, al valorar todos los datos que se introducen en el software CERMA y los que se obtiene de este tras la realización del estudio, se ha podido comprobar que tanto las directrices del Código Técnico como el propio software CERMA se centran en las temperaturas secas tanto a nivel de exterior como a nivel de interior, por lo que no se valora el impacto de la presencia de vapor de agua en el ambiente.

Esto es fácilmente identificable, dado que las temperaturas que usa el CERMA para realizar las certificaciones no se corresponde con la realidad actual. Tal y como se ha visto en apartados anteriores, cogiendo datos de las tres últimas décadas, se puede comprobar cómo no solo la temperatura seca promedio asciende año a año, sino que la temperatura húmeda promedio aumenta mucho más, lo que implica un aumento de la humedad y favorece el efecto invernadero del propio vapor de agua, aumentando las temperaturas, que a su vez genera mayor cantidad de vapor de agua, por el propio ciclo del agua, lo que supone una especie de bucle.

Como se ha visto, estas variaciones entre las temperaturas oficiales y las reales, provoca diferencias sustanciales en las demandas de calefacción y refrigeración, disminuyendo la necesidades de las primeras y aumentando considerablemente las segundas.

Respecto a las demandas de refrigeración y calefacción, analizando los resultados obtenidos en sus casos base, se puede ver cómo el mejorar la envolvente térmica de los edificios en ambos casos tiene un importante impacto en la demanda de calefacción, ya que, permite aislar mejor los edificios y, por tanto, cuenta con menos pérdidas de calor, por lo que desciende la demanda de calefacción necesaria. En la siguiente tabla se muestra una relación calculada para ver el impacto de mejorar la envolvente térmica:

Tabla 25. Impacto en la demanda residencial (Fuente: Elaboración propia)

Caso residencial	Demanda refrigeración (kWh/m²·año)	Demanda calefacción (kWh/m²·año)
Caso base	32,9	178,5
Caso CTE	19,3	32,8
Diferencia	41%	82%

En el caso residencial, que parte de una situación considerablemente peor a la del caso terciario, el impacto de la mejora de la envolvente para cumplir el CTE tiene un impacto positivo en la demanda de refrigeración en un 41% y en la de calefacción de un 82%.

Por el contrario, en el caso terciario, que parte de una reforma más moderna, al actualizar el aislamiento para cumplir el CTE, el impacto en la demanda de refrigeración es reducida, a pesar de que se sigue observando un gran impacto en la demanda de calefacción, tal y como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 26. Impacto en la demanda terciario (Fuente: Elaboración propia)

Caso residencial	Demanda refrigeración (kWh/m²·año)	Demanda calefacción (kWh/m²·año)
Caso base	34,52	9,6
Caso CTE	32,26	6,56
Diferencia	7%	32%

Sin embargo, al poner en perspectiva estos resultados tras los análisis realizados con los climas reales, se puede ver que mejorar la envolvente para los climas actuales, tiene aún menor impacto de lo visto en el caso base para la demanda de refrigeración, ya que esta sube considerablemente.

En este sentido, tal y como se ha comentado anteriormente, mejorar la envolvente térmica aumenta la capacidad del local para mantener su carga térmica interna que, como se ha visto, afecta directamente a la demanda de calefacción.

A pesar de ello, como se ha visto a lo largo del estudio, la realidad es que, en los climas actuales de las zonas climáticas estudiadas, la demanda de calefacción es cada vez menor, lo que obliga a considerar si realmente es necesario tanto aislamiento térmico en la envolvente de los edificios.

Es decir, aumentar el aislamiento de un edificio cuando las temperaturas y la humedad exterior son crecientes podría no tener el impacto positivo que se desea, sobre todo en cuanto a las necesidades de refrigeración y del confort de los ocupantes.

Ya que, al mejorar el aislamiento térmico no solo se facilita mantener la carga térmica de un edificio en condiciones de invierno, sino también en verano, lo que puede suponer un gran impacto en la demanda de refrigeración para compensar dichas cargas.

De esta manera, en climas como los estudiados en este caso, donde se está viendo que los inviernos son menos fríos y los veranos son cada vez más calurosos, aumentar excesivamente el aislamiento térmico del edificio, puede ser contraproducente.

Por otro lado, como se ha podido comprobar en el estudio, los climas utilizados por el software CERMA no se corresponden con los reales, por lo que los resultados no tienen por qué concordar con lo que posteriormente se experimenta en dichos edificios.

Esto quiere decir que, si al realizar las pruebas con los climas reales se identifica una clara disminución de la demanda de calefacción y un aumento considerable de la demanda de refrigeración, los equipos que se consideran en el caso base con cumplimiento del CTE pueden estar sobredimensionados en el caso de la calefacción, mientras que los equipos de refrigeración estar cortos de potencia.

Además, como se ha podido comprobar, no se está teniendo en cuenta el aumento de la humedad del ambiente, por lo que cabe la posibilidad que los sistemas y equipos que se consideran están más enfocados a ocuparse de la parte sensible de la cargas térmicas, ya sea para bajar la temperatura o para aumentarla.

En este sentido, dado que en el presente proyecto se ha realizado un estudio centrado en la demanda, sería objeto de otro análisis el impacto que tiene la humedad en las instalaciones de

climatización, ya que, si los climas oficiales empleados no se corresponden con la humedad real, la carga latente considerada por el CERMA puede no corresponder con la realidad.

Sin embargo, como se ha comentado, para analizar esta situación sería necesario llevar a cabo otro estudio enfocado en el impacto en las instalaciones y que queda fuera del objetivo del presente proyecto.

Por tanto, respecto a las conclusiones que se obtienen del presente estudio, se observa que es necesario plantearse nuevos modelos y perfiles de uso que, por una parte, permitan actuar en diferentes épocas del año, ya que actualmente no son tan frías como antaño, de manera que se tenga en cuenta las condiciones climáticas reales, que no se corresponden con los datos oficiales empleados actualmente.

Asimismo, en cuanto a los valores de transmitancia térmica, es importante replantear las necesidades según la zona climática, ya que, en zonas más cálidas un mayor aumento del aislamiento térmico puede provocar cargas internas mayores al dificultar su expulsión al exterior, incrementando las necesidades de refrigeración, al mismo tiempo que empeora las condiciones de confort del recinto.

BIBLIOGRAFÍA

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. *Procedimientos para la certificación de edificios.* <https://www.miteco.gob.es/es/energia/eficiencia/certificacion-energetica/documentos-reconocidos/procedimientos-certificacion-proyecto-terminados.html>

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. *Condiciones técnicas de los procedimientos para la evaluación de la eficiencia energética.*
<https://www.miteco.gob.es/es/energia/eficiencia/certificacion-energetica/documentos-reconocidos.html>

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. *Manual de Usuario CERMA.*
https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/energia/files-1/Eficiencia/CertificacionEnergetica/DocumentosReconocidos/procedimientos-para-certificaci%C3%B3n/Programa_CERMA/Manual_usuario_CERMA_5_11_10-06-22.pdf

EnergyPlus. *Documentation.* <https://energyplus.net/documentation>

Código Técnico de la Edificación. *Documento Básico Ahorro de energía HE.*
<https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HE/DBHE.pdf>

Código Técnico de la Edificación. *Guía de aplicación DB-HE 2019.*
https://www.codigotecnico.org/pdf/GuiasyOtros/Guia_aplicacion_DBHE2019.pdf

Código Técnico de la Edificación. *Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de energía.* https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HE/DA_DB-HE-1_Calculo_de_parametros_caracteristicos_de_la_envolvente.pdf

Código Técnico de la Edificación. *Documento Básico de Seguridad en caso de incendio.*
<https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SI/DBSI.pdf>

Código Técnico de la Edificación. *Documento Básico Ahorro de energía HE 2008.*
https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HE/DBAnteriores/DBHE_200801.pdf

Cype. *Descripción de materiales y elementos constructivos.*
https://www.cype.net/cypetherm_he_plus/materiales_elementos_constructivos.pdf

Boletín Oficial del Estado. *Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.*
<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2007-15820>

Sénova. *A l'arrêté portant approbation de la méthode de calcul Th-BCE 2012.*
<https://ingenierie.senova.fr/>

Diego-Mas, Jose Antonio. *Evaluación del confort térmico con el método de Fanger.* *Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia, 2015.*
<https://www.ergonautas.upv.es/metodos/fanger/fanger-ayuda.php>

Copernicus. *ERA5 hourly data on single levels from 1940 to present.*

<https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/reanalysis-era5-single-levels?tab=overview>

PRESUPUESTO

PRESUPUESTO

1. INTRODUCCIÓN

En este apartado se llevan a cabo los cálculos necesarios para obtener el presupuesto del proyecto. Para ello, se tienen en cuenta las mediciones de cada uno de los elementos que suponen un coste para el desarrollo del proyecto. Asimismo, se deben definir los costes de cada unidad, de manera que, junto a las mediciones realizadas, se pueda obtener el coste final del proyecto.

Una vez conocidos estos, se presupuesta el proyecto

2. CONTENIDO DEL PRESUPUESTO

En este caso, dado que el proyecto consiste en la realización de un estudio a modo de consultoría, el presupuesto viene definido por tres apartados, que se desarrollan a continuación:

- **Tareas previas:** Se corresponden con los primeros trabajos de conceptualización del proyecto, el concepto a desarrollar y la situación de la que se aparte. Así como la identificación de las tareas y herramientas necesarias para llevar a cabo este. Para ello, se mantienen reuniones con el tutor y se identifica la problemática, además de determinarse la metodología a seguir para llevar a cabo el proyecto.
- **Desarrollo del proyecto:** En esta fase del proyecto se llevan a cabo todas las tareas necesarias para el desarrollo del mismo, partiendo de los conceptos bases y la identificación de la normativa aplicable, modelización de los edificios, realización de cálculos y simulaciones, así como el análisis de los resultados, corrección de errores y modificaciones necesarias para el alcance de los objetivos.
- **Presentación del proyecto:** En la etapa final de este proyecto, se lleva a cabo una presentación de este a partir de una memoria que detalla todos los trabajos realizados y los resultados obtenidos, así como las conclusiones que pueden servir como base para una posterior estudio más detallado.

Además, también se incluye la amortización de software y equipos utilizados para la realización del proyecto.

El importe de cada apartado viene detallado en la siguiente tabla:

Tabla 27. Detalle del presupuesto. Mano de obra (Fuente: Elaboración propia)

Item	Descripción	Ud	Cantidad	Precio unitario	Total
1	Tareas previas				1.150,00 €
1.1	Ingeniero Junior - Reunión con el cliente	h	3	50,00 €	150,00 €
1.2	Ingeniero Junior - Estudio del caso a desarrollar	h	20	50,00 €	1.000,00 €
2	Desarrollo del proyecto				12.250,00 €
2.1	Ingeniero Junior - Desarrollo del proyecto	h	245	50,00 €	12.250,00 €
3	Presentación del proyecto				1.600,00 €
3.1	Ingeniero Junior - Preparación del informe detallado	h	30	50,00 €	1.500,00 €
3.2	Ingeniero Junior - Presentación del proyecto	h	2	50,00 €	100,00 €

Para calcular las horas necesarias, se han considerado las 300 horas que ha requerido desarrollar el proyecto y se divide entre las diferentes tareas llevadas a cabo. Tal y como se muestra en la tabla anterior.

En cuanto a los materiales empleados, se consideran los programas informáticos requeridos, su coste y su amortización, dividiéndose por su periodo de amortización y las horas anuales, lo que permite conocer el precio unitario por hora:

Tabla 28. Detalle del presupuesto. Material (Fuente: Elaboración propia)

Item	Descripción	Periodo amortización	Coste	Ud	Cantidad	Precio unitario	Total
1	Materiales						16,52 €
1.1	Windows 10 Pro	1	75,00 €	h	250	0,0086 €	2,14 €
1.2	Office 365	1	99,00 €	h	200	0,0113 €	2,26 €
1.3	AutoCAD	1	557,00 €	h	20	0,0636 €	1,27 €
1.4	MSI G62 6QF	3	950,00 €	h	300	0,0361 €	10,84 €

Tabla 29. Detalle del presupuesto de Ejecución Material (Fuente: Elaboración propia)

Elemento	Descripción	Coste
Mano de obra	Horas Ingeniero Junior	15.000,00 €
Material	Material necesario para el desarrollo del proyecto	16,52 €
Total		15.016,52 €

Tabla 30. Presupuesto Base de Licitación (Fuente: Elaboración propia)

Concepto	Coste
Presupuesto de Ejecución Material	15.016,52 €

Estudio del impacto del cambio climático sobre la certificación energética española de dos edificios; residencial y terciario tipo (en Valencia; una unifamiliar y una planta de oficinas)

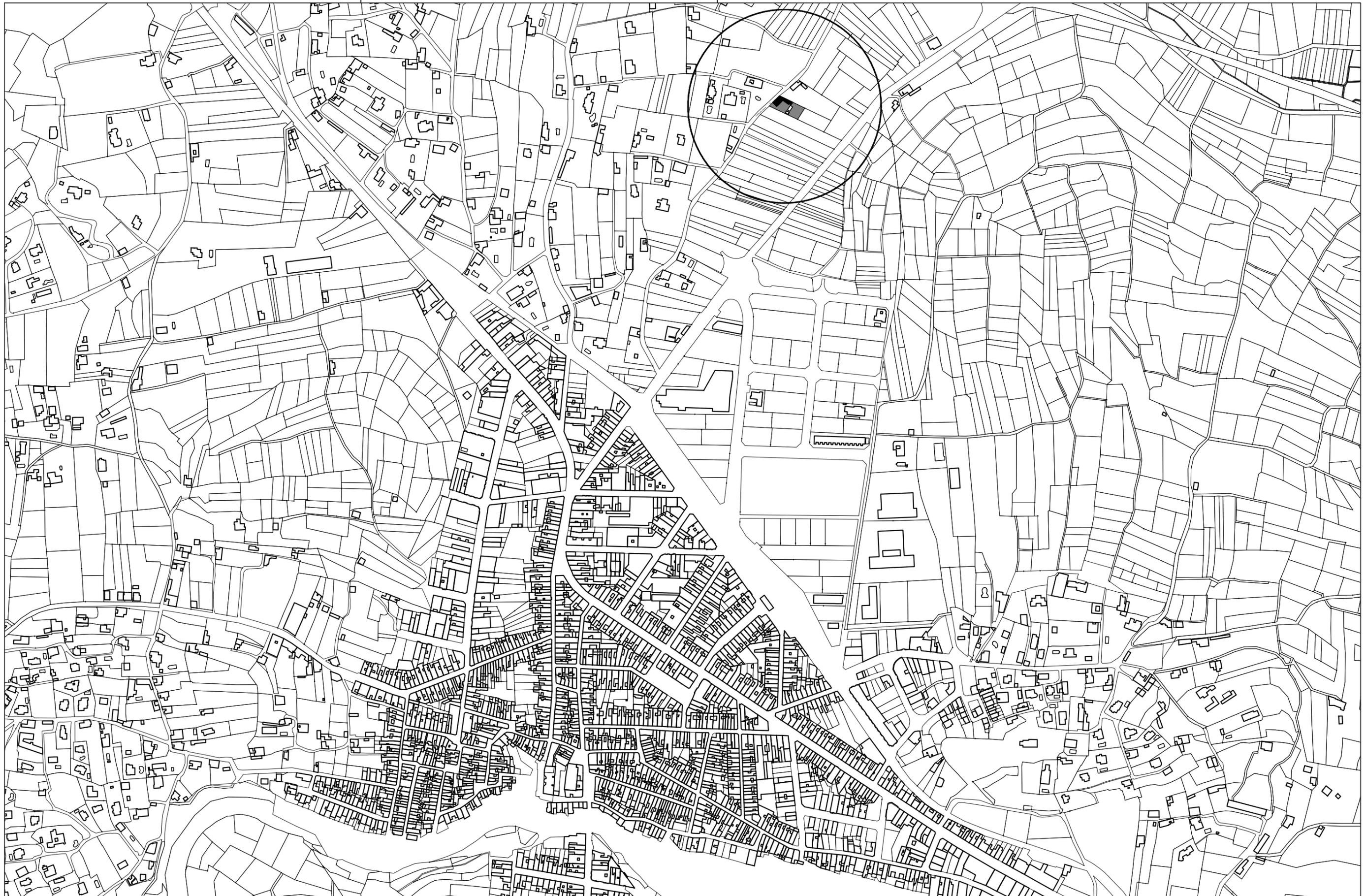
Gastos generales (15%)	2.252,48 €
Beneficio Industrial (6%)	900,99 €
Presupuesto de Ejecución por Contrata	18.169,99 €
21% IVA	3.815,70 €
Presupuesto Base de Licitación	21.985,68 €

El presupuesto base de litación asciende a la cantidad de **21.985,68 €**.

PORTADA DE PLANOS

ÍNDICE DE PLANOS

1. Plano situación residencial 1:5000
2. Plano emplazamiento residencial
3. Plano distribución residencial
4. Plano situación terciario 1:5000
5. Plano emplazamiento terciario
6. Plano distribución residencial



TRABAJO FINAL DE MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIERÍA
INDUSTRIAL VALÈNCIA

Proyecto: Estudio del impacto del cambio climático sobre la certificación energética española de dos edificios; residencial y terciario tipo (en Valencia); una unifamiliar y una planta de oficinas)

Plano: Plano de situación residencial

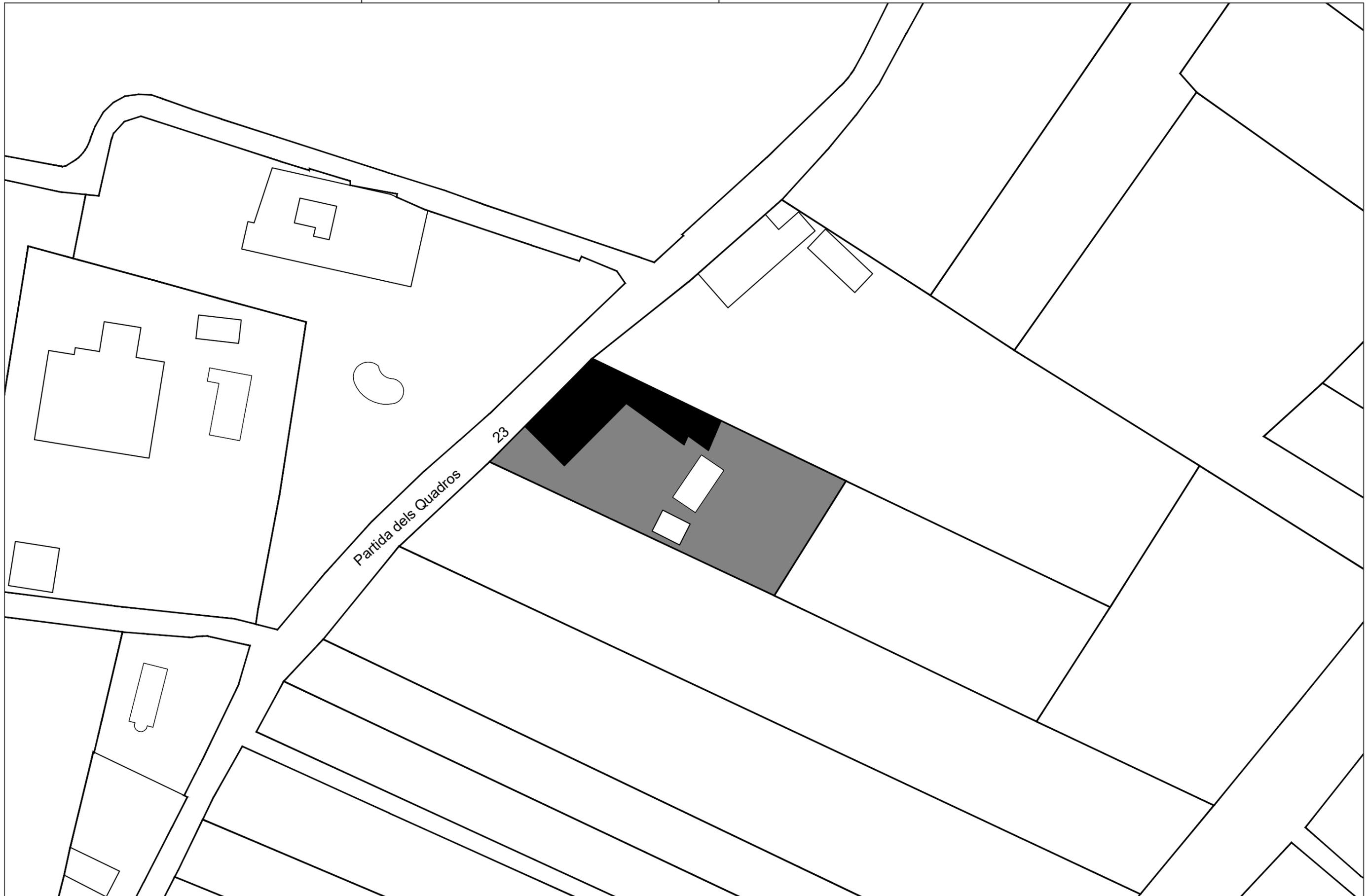
Autor:
Sebastián Bedoya Vélez

Fecha:
Septiembre 2024

Escala:
1:5000

Nº Plano:

01



TRABAJO FINAL DE MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIERÍA
INDUSTRIAL VALENCIA

Proyecto: Estudio del impacto del cambio climático sobre la certificación energética española de dos edificios; residencial y terciario tipo (en Valencia; una unifamiliar y una planta de oficinas)

Plano: Plano de emplazamiento residencial

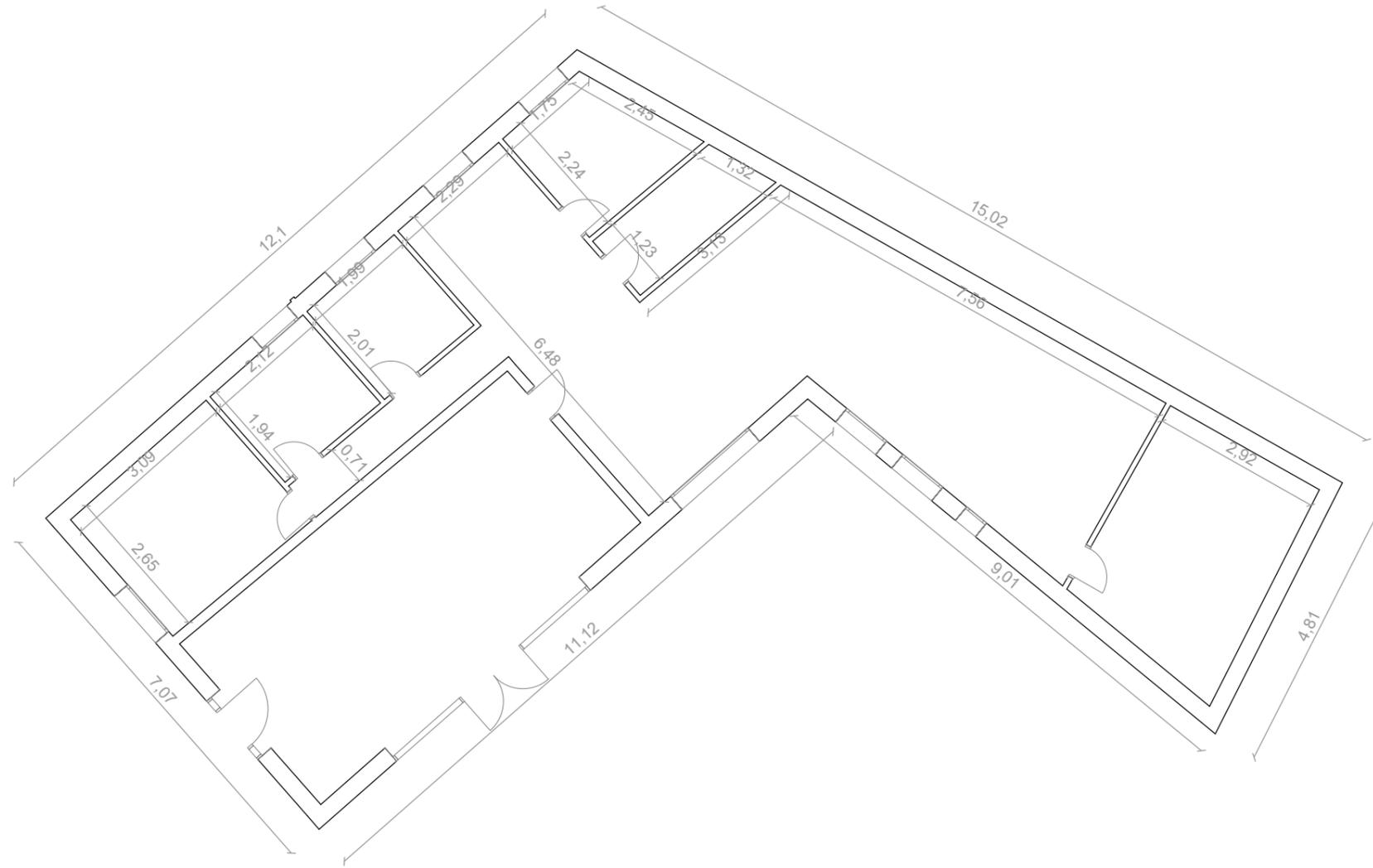
Autor:
Sebastián Bedoya Vélez

Fecha:
Septiembre 2024

Escala:
1:500

Nº Plano:

02





TRABAJO FINAL DE MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIERÍA
INDUSTRIAL VALÈNCIA

Proyecto: Estudio del impacto del cambio climático sobre la certificación energética española de dos edificios; residencial y terciario tipo (en Valencia; una unifamiliar y una planta de oficinas)

Plano: Plano de situación terciario

Autor: Sebastián Bedoya Vélez

Fecha: Septiembre 2024

Escala: 1:30.000

Nº Plano:

04



Av. Ronda Nazaret

9

TRABAJO FINAL DE MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL



Proyecto: Estudio del impacto del cambio climático sobre la certificación energética española de dos edificios; residencial y terciario tipo (en Valencia; una unifamiliar y una planta de oficinas)

Plano: Plano de situación terciario

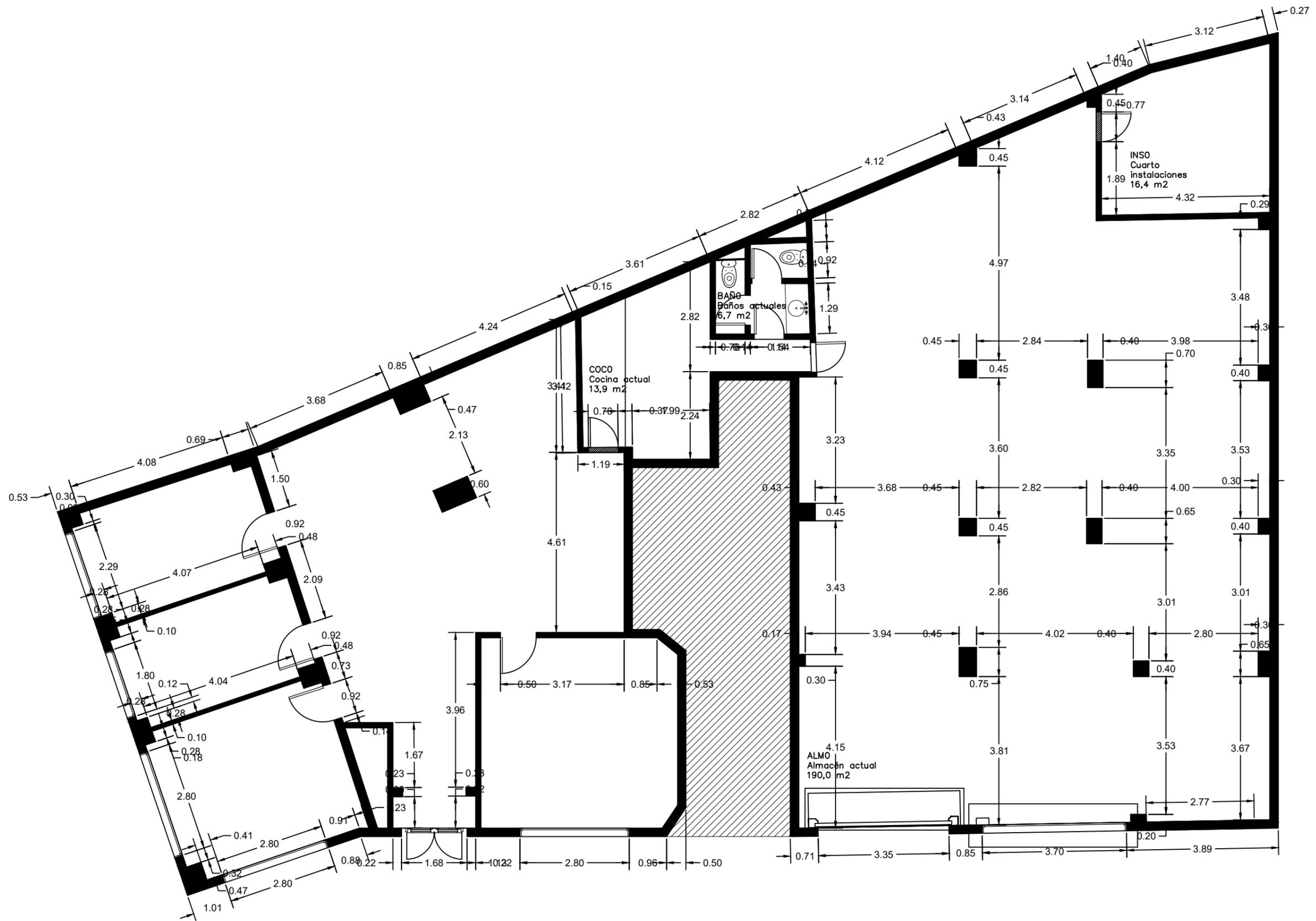
Autor: Sebastián Bedoya Vélez

Fecha: Septiembre 2024

Escala: 1:500

Nº Plano:

05



TRABAJO FINAL DE MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL



Proyecto: Estudio del impacto del cambio climático sobre la certificación energética española de dos edificios; residencial y terciario tipo (en Valencia; una unifamiliar y una planta de oficinas)

Plano: Plano de distribución terciario

Autor: Plano aportado por la empresa

Fecha: Septiembre 2024

Escala: 1:100

Nº Plano:

06