



TESIS DOCTORAL

**METODOLOGÍA DE DISEÑO Y ANÁLISIS DE SOLUCIONES DE
EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA CONSECUCCIÓN DE
EDIFICIOS DE CONSUMO CASI NULO (NZEB)**

LUIS ALBERTO HERRILLO HERRILLO

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
AUTOMÁTICA**

Conformidad de los Directores:

Fdo: Diego Carmona Fernández

**Fdo: Francisco de Asís Hipólito
Ojalvo**

2017



**METODOLOGÍA DE DISEÑO Y ANÁLISIS DE SOLUCIONES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA
PARA LA CONSECUCCIÓN DE EDIFICIOS DE CONSUMO CASI NULO (NZEB)**





**METODOLOGÍA DE DISEÑO Y ANÁLISIS DE SOLUCIONES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA
PARA LA CONSECUCCIÓN DE EDIFICIOS DE CONSUMO CASI NULO (NZEB)**



Dedicatoria

*A mi familia,
a mis amigos,
a todas las personas que quiero*





Agradecimientos

Quiero expresar mi agradecimiento a todas las personas que con su ayuda han hecho que esta Tesis Doctoral sea posible, al personal del Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Automática, al Director y al Codirector de la Tesis Doctoral, a mi familia, a mis amigos ...

a todas las personas que habéis estado a mi lado.





Índice de capítulos

1.	Introducción.....	11
2.	Contexto energético	21
3.	Edificios de consumo casi nulo.....	37
4.	Metodología de diseño	61
5.	Descripción de las simulaciones: Fase ALFA	89
6.	Descripción de las simulaciones: Fase BETA.....	161
7.	Descripción de las simulaciones: Fase GAMMA.....	201
8.	Descripción de las simulaciones: Fase DELTA.....	245
9.	Conclusiones y líneas futuras.....	299
10.	Bibliografía	307
11.	Anexo	323
	Índice desglosado.....	385
	Índice de figuras	393
	Índice de tablas.....	395
	Índice de gráficos.....	399





1. Introducción





1.1. Resumen

La Tesis Doctoral consiste en llevar a cabo los trabajos de investigación necesarios para el desarrollo de una metodología de diseño que permita la obtención de edificios de consumo casi nulo (nZEB, nearly Zero Energy Building), adaptados a diferentes tipos de características constructivas, climáticas y de utilización.

La obtención de un nZEB requiere aunar medidas pasivas y activas de eficiencia energética. En otras palabras, por un lado, se requiere de una combinación de soluciones destinadas a la reducción sistemática de la demanda energética resultante de los servicios necesarios para garantizar el confort de los usuarios (orientación del edificio, tipos de fachada, cubiertas, particiones interiores, etc., sistemas de recuperación de calor en ventilación, sombreados, etc.) y, por otro, que la demanda sea cubierta mediante instalaciones de alta eficiencia energética y con un aporte de energías renovables, en orden de minorar el consumo energético de energía primaria no renovable necesario.

El nivel de precisión requerido para la combinación de soluciones enunciadas y la necesidad de la realización de numerosas simulaciones por modelo imposibilita la utilización de métodos tradicionales (estimaciones básicas o uso de tablas). La utilización de simulaciones térmicas y energéticas mediante software informático es la clave que permite la aplicación iterada de diferentes soluciones de eficiencia en el modelo de un edificio. Esta Tesis Doctoral plantea el desarrollo de una metodología que sistematice estos cálculos, permitiendo obtener edificios con un mínimo consumo energético más respetuosos con el medio ambiente.

1.2. Introducción

En la actualidad la tecnología edificatoria permite alcanzar un alto nivel de confort interior en los edificios, proporcionando a sus ocupantes las condiciones adecuadas de temperatura, tanto en invierno o como en verano, ventilación, niveles de iluminación, caudal suficiente de agua caliente sanitaria (ACS) y la posibilidad de suministrar energía a los electrodomésticos y demás aparatos electrónicos comunes en la vida diaria de las personas (Lecuona Neumann, Izquierdo Millán, Rodríguez Aumente, & Aumente, 2005) (Sánchez, Sánchez-Guevara, & Rubio, 2016) (Alkassir et al., 2005).

Durante cientos de años en cada región la arquitectura tradicional o vernácula fue adaptándose a las características climatológicas, a los usos constructivos y a las costumbres de los usuarios para modelar diseños que pudieran ser habitables dentro de los niveles de confort exigidos, con un gasto prácticamente insignificante de energía (Rojas, Huelz, Tovar, & Barrios, 2010) (Larsen, 2016).

Las técnicas de la arquitectura tradicional, empleadas en la reducción de la demanda energética, resultaban indispensables en un contexto en el que las fuentes de energía manejables y económicas, a fin de acondicionar el interior de los edificios, eran especialmente complicadas de obtener. La tendencia en los países industrializados cambió, a mediados del siglo XX, con la posibilidad de utilizar energía en el propio edificio para cubrir sus demandas de una forma económica, en la mayoría de casos de origen fósil. De esta forma se desestimaron los conocimientos empleados en la arquitectura tradicional diseñándose edificios que, si bien cumplían sus cometidos de funcionalidad, lo hacían de una manera totalmente ineficiente. Eran edificios eficaces, pero no eficientes, realizados mediante técnicas constructivas de carácter predatorio y despilfarrador, que una vez que se produjo la crisis energética de los años 70 confirmaron que un modelo edificatorio basado en ellos carecía de sentido (Tudela, 1981).

Con la intención de disminuir el consumo energético en los edificios han ido apareciendo en España diferentes iniciativas en materia de eficiencia energética a lo largo de aproximadamente 40 años, con origen español primero y, posteriormente, europeo, a partir del ingreso de España en la entonces denominada Comunidad Europea. Y, si bien, se han producido importantes avances en relación con la eficiencia energética de los edificios, aún hoy, en la Unión Europea, el consumo energético de estos resulta insostenible, motivo por el cual se han puesto en marcha diferentes iniciativas en orden de reducirlo.

Indudablemente ha sido en los últimos años cuando este esfuerzo se ha redoblado con la aparición de diferentes iniciativas normativas provenientes de la Unión Europea, en forma de Directivas, que exigen, a partir del año 2018, en edificios públicos, y del año 2020 para todos los edificios nuevos, que estos alcancen la categoría de edificios de consumo casi nulo (Europa, 2010, 2012). En cumplimiento al contenido de las Directivas se han ido sucediendo en España diferentes Reales Decretos indicando cómo realizar la calificación energética de edificios nuevos y existentes. El Real Decreto 235/2013 (España, 2013b) muestra las exigencias para calificar energéticamente un edificio. Está actualmente en un periodo de revisión, publicándose recientemente un borrador en el que se aprueba la definición de edificios de consumo casi nulo que probablemente sea incluida en una futura revisión del Código Técnico de la Edificación en su apartado de Ahorro de Energía (España, 2016) (una explicación más detallada de las normativas se realiza en el capítulo 3). Puede observarse que las instituciones, tanto a nivel europeo como español, han fijado una hoja de ruta según la cual los edificios, dentro de pocos años, tendrán un desempeño energético superior al estar obligados a contar con unas exigencias de eficiencia energética mucho mayores que las actuales.



La sociedad actual está claramente orientada al consumo, quizás una mejor manera de definirlo es que se trata de una sociedad derrochadora, al menos en lo referente a los recursos energéticos. Un notable ejemplo puede encontrarse en el consumo energético dentro de los edificios que se ha disparado los últimos años. Se puede poner como ejemplo la energía que era necesaria para abastecer un hogar en los años 80. El número de aparatos consumidores de energía que se utilizaban era mucho más reducido que en la actualidad, no eran más que un frigorífico, una televisión, una radio, etc. Ahora las viviendas están repletas de ordenadores, tablets y móviles con sus respectivos cargadores, hay varias televisiones, en ocasiones una por cuarto, la misma cocina está llena de electrodomésticos que antes no existían. Con respecto a la climatización, antes era poco habitual que las viviendas tuvieran aire acondicionado, en cambio, en la actualidad es prácticamente impensable que, en las latitudes más al sur de la península, una vivienda, un comercio o unas oficinas no cuenten con este servicio. Se puede constatar este fenómeno con las estadísticas de consumo energético de los edificios de viviendas españoles en los que, antes de la llegada de la crisis económica actual, su consumo era el doble que a principios de los años ochenta (IDAE, 2016).

Este excesivo consumo energético puede significar uno de los mayores peligros a los que se enfrenta la humanidad. Es incuestionable que el cambio climático es una realidad y, si no se emprenden acciones que lo combatan con firmeza, será la mayor crisis que la sociedad deba afrontar, dejando las consecuencias de nuestros actos a nuestros descendientes (en el capítulo 2 se describe el contexto energético actual poniendo en manifiesto la situación real relacionada con el cambio climático). Antropológicamente el ser humano protege a su descendencia (a sus crías) de un modo instintivo, el no actuar frente al cambio climático tomando medidas en contra de su origen y a fin de mitigar sus efectos, no solo es ilógico desde la perspectiva ecológica, económico y social, sino incluso desde el punto de vista ético acerca de la propia moral humana (López Morales, 2016; Spash & Gattringer, 2016).

Ante la perspectiva presentada, se demuestra a lo largo de la Tesis Doctoral que el diseño de edificios más eficientes es necesario y apremiante. Si bien se han realizado numerosos avances en materia de eficiencia edificatoria, aún persiste la duda de cómo desarrollar el concepto de edificio de consumo casi nulo en cada país y en cada territorio dentro de ellos (European Commission, 2017b). Aunque existe una bibliografía variada al respecto, publicada a lo largo de los años, la gran mayoría se centra en cómo conseguir nZEB en climas fríos. Esto es debido a que la mayoría de los primeros intentos para la obtención del nZEB se originaron en el norte y centro de Europa, donde los veranos son muy suaves y los inviernos muy duros. Este tipo de diseño de edificios se ha dado en llamar edificio pasivo y, a pesar de que proveen numerosas ventajas frente a los edificios estándar, no pueden implantarse directamente en los climas de gran parte de la geografía peninsular (Lanzarote Serrano, 2014; Pless & Torcellini, 2010).

Por lo expuesto, es necesaria una definición clara del concepto de edificio nZEB con el empleo de sistemas de acondicionamiento de aire (calefacción, refrigeración y ventilación) y el aprovechamiento de sistemas de energías renovables, adaptado a su utilización en diferentes tipos de clima y para edificios de diferentes tipologías, tamaños y usos.

No ha sido objeto de la Tesis Doctoral, la definición de valores límite de diseño para la obtención de un nZEB, que quedarán fijados en futuros desarrollos normativos, sino el desarrollo de una metodología adaptable que permita el diseño de edificios de consumo casi nulo de diferentes tipologías.

La utilización de las Simulaciones por ordenador más modernas, en concordancia con las normativas de simulación de edificios, tanto nacionales como europeas, permiten un nivel de exactitud superior a las metodologías tradicionales de diseño, permitiendo de este modo el diseño de nZEBs (Zimmerman, 2006).

1.3. Antecedentes

Algunos de los principales antecedentes que se pueden encontrar en el diseño de edificios de consumo casi nulo se remontan principalmente a los años 80 del siglo pasado donde, a partir de una serie de investigaciones realizadas por el Departamento de Energía de Estados Unidos (Los Alamos scientific Laboratory, 1976), se desarrollaron los primeros procedimientos para el diseño de lo que se llaman edificios o casas pasivas. Posteriormente han sido adaptados en Europa según el estándar conocido como Passivhaus. El estándar se basa principalmente en la utilización de altos niveles de aislamiento en los cerramientos, la limitación de infiltraciones de aire, la utilización de carpinterías y vidrios eficientes y la eliminación de los puentes térmicos (Passivhaus Institut, 2017).

Otros de los estándares más extendidos son el Breeam, el Leed o el Verde en España (Breeam, 2017; Green Building Council – España, 2017; Unites States Green Building Council (USGBC), 2017). Dichos estándares están basados en la aplicación de una serie de criterios que garantizan la eficiencia del edificio en diferentes categorías y, si bien son voluntarios, son indicativos de edificios de alta eficiencia.

A pesar de que en los últimos años han surgido iniciativas en forma de estudios o proyectos y de que existan publicaciones acerca de cómo obtener edificios más eficientes, pocas se centran en su aplicación en climas cálidos y con el nivel de exigencia necesario para alcanzar los nZEB (III Congreso Edificios de energía casi nula, 2016).

Por ejemplo, es posible encontrar manuales de los diferentes estándares que indican la colocación en los edificios de cristaleras o elementos semitransparentes en orientación sur para favorecer el calentamiento en invierno y la iluminación natural. Si bien, esta puede ser una solución adecuada en climas fríos, en otros como los que pretende estudiar esta Tesis la utilización de esta solución sin un estudio anual de las temperaturas interiores y las condiciones de confort, puede convertir el edificio en prácticamente inhabitable en las estaciones cálidas.

Se han realizado estudios en los que mediante simulaciones por ordenador se han evaluado los comportamientos energéticos de los edificios en climas cálidos, pero estos, en ocasiones, se han realizado mediante motores de cálculo poco precisos o del análisis de tipologías de edificios demasiado específicas impidiendo la obtención de conclusiones extrapolables a la mayoría del parque edificatorio.

De este modo la aparición de la metodología planteada puede suponer una revolución y un impulso a la creación de edificios de consumo casi nulo. Se trataría de edificios en los que el gasto energético sería mínimo con respecto a los estándares actuales, en los que el sobrecoste de construcción sería amortizable en pocos años, resultando ser, no solo económicamente viables, sino especialmente atractivos en términos de rentabilidad y en los que el confort y habitabilidad serían también destacables.



1.4. Estructura de la Tesis Doctoral

La Tesis Doctoral está estructurada a lo largo de 10 capítulos y un anexo, a través de los cuales se identifica, en primer lugar, el problema o situación a resolver en relación al uso de la energía realizado por los edificios. Posteriormente se plantea una solución y se testea en los modelos propuestos y finalmente se sintetizan los resultados de la solución aplicada en las conclusiones, planteándose además posibles líneas futuras de investigación.

A continuación, se describe someramente el contenido de cada capítulo de la Tesis Doctoral:

- *Introducción.* En el capítulo actual se realiza una breve aproximación a diferentes temas relacionados con la Tesis Doctoral, el consumo energético de los edificios, el cambio climático, las iniciativas normativas, etc., se efectúa una descripción del contenido de la Tesis, del trabajo realizado y de los objetivos del trabajo de investigación.
- *Contexto energético.* En este capítulo se muestra una descripción del problema energético, en general y particularizando en los edificios, mostrando no solo aspectos medioambientales, sino económicos y sociales.
- *Edificios de consumo casi nulo.* Se expone el estudio del estado del arte acerca del diseño de los nZEB, prestando especial atención a la normativa relacionada con la eficiencia energética de los edificios, a los diferentes estándares existentes para edificios de alta eficiencia energética, a las diferentes definiciones o formas de alcanzar estos edificios, así como a los parámetros y criterios finalmente utilizados en la Tesis Doctoral.
- *Metodología de diseño.* Se describe la metodología de diseño creada en la Tesis Doctoral. Para ello se detallan los programas y motores de simulaciones térmicas y energéticas utilizados, los diferentes modelos de edificios empleados para el cálculo, las fases, categorías y simulaciones empleadas, etc.
- *Descripción de las simulaciones: Fase ALFA.* En este capítulo se muestran los resultados de la aplicación de la fase alfa de la metodología en cada uno de los modelos considerados. La fase consiste en el estudio de la incidencia en la demanda de energía del edificio de diferentes soluciones pasivas de eficiencia energética, agrupadas en categorías.
- *Descripción de las simulaciones: Fase BETA.* En este capítulo se muestran los resultados de la aplicación de la fase beta de la metodología en cada uno de los modelos considerados. Esta fase consiste en la combinación de las diferentes soluciones, obtenidas en cada una de las categorías de la fase alfa, sobre cada modelo de cálculo para la obtención de un edificio pasivo.
- *Descripción de las simulaciones: Fase GAMMA.* En este capítulo se muestran los resultados de la aplicación de la fase gamma de la metodología en cada uno de los modelos considerados. En la fase gamma, partiendo de la demanda del modelo pasivo, se estudia la incidencia en el consumo energético final de energía primaria no renovable de diferentes tecnologías de climatización y de generación de agua caliente sanitaria, ACS.
- *Descripción de las simulaciones: Fase DELTA.* En este capítulo se muestran los resultados de la aplicación de la fase delta de la metodología en cada uno de los modelos considerados. En esta fase la metodología finaliza con el diseño de un nZEB. En la fase se plantean para cada modelo tres escenarios diferenciados, en los cuales, partiendo del modelo pasivo, se combinan soluciones estudiadas en la fase gamma, es decir, diferentes tipos de instalaciones en conjunción con aportes de energías renovables, para determinar el consumo energético final de energía primaria no renovable del edificio.

- *Conclusiones y líneas futuras.* En este capítulo se recogen las conclusiones obtenidas de la investigación, así como las posibles líneas de investigación futuras detectadas.
- *Bibliografía.* En el capítulo se recogen las fuentes bibliográficas utilizadas en la investigación.
- *Anexo.* Se muestra un listado de las simulaciones realizadas en los modelos, indicando de forma reducida, su denominación según la codificación utilizada, una descripción breve, las características definitorias de la simulación y sus principales resultados.

El trabajo para la realización de la Tesis se dividió en diferentes tareas agrupadas en los bloques indicados a continuación:

- Un primer gran bloque de tareas dedicado al análisis del estado del arte de los diferentes factores intervinientes en el diseño de edificios de consumo casi nulo: la realización de edificios pasivos, es decir, de muy baja demanda energética, instalaciones de alta eficiencia para la climatización, ventilación, iluminación y del resto de servicios necesarios para el mantenimiento de las condiciones de confort de los usuarios, sistemas de generación de energías renovables y, por último, un análisis de las tendencias actuales tanto normativas, estándares, recomendaciones, como de software informático para la simulación del desempeño energético de edificios.
- Otro bloque de tareas consistió en la elección de los edificios que fueron objeto de simulaciones, así como de la creación de sus modelos informáticos en el software empleado.
- El siguiente bloque de tareas realizado consistió en la aplicación de las soluciones indicadas en el primer bloque en relación a la reducción de demanda, el aumento de rendimiento en instalaciones y generación de energías renovables, mediante los procesos de simulación descritos, llevados a cabo en los modelos de edificios para analizar su impacto en los consumos de energía de los mismos de forma individualizada.
- Una vez conocida la incidencia en el consumo energético de cada una de las soluciones estudiadas se aplicaron en conjunto sobre modelos virtuales mediante una metodología iterativa desarrollando los diferentes ejemplos, abarcando diferentes soluciones constructivas, tipologías de edificios, niveles de ambición, etc.
- Finalmente se analizaron los resultados obtenidos a partir de las simulaciones y se procedió a la redacción del presente documento.

1.5. Objetivos de la Tesis Doctoral

Los objetivos concretos de la presente Tesis Doctoral derivan de la consecución de un objetivo general más ambicioso: el diseño de una metodología que permite la consecución de edificios de consumo casi nulo adaptados a diferentes características climáticas y tipologías.

La consecución de este objetivo requiere del cumplimiento de una serie de objetivos más específicos que se desglosan a continuación:

- El primer objetivo a cumplir por la investigación ha sido realizar un estudio detallado del estado del arte en la realización de edificios de consumo casi nulo. Para ello se han revisado las soluciones existentes para la creación de un edificio pasivo (es decir, limitar la demanda térmica del mismo), los diferentes tipos de instalaciones de alta eficiencia presentes en el mercado, los sistemas de generación de energías renovables en la edificación y, por último, los sistemas de simulación energética por ordenador para edificios.



- Un segundo objetivo ha consistido en estudiar la incidencia de las diferentes soluciones, descritas en el objetivo anterior, en el consumo de energía final de diferentes edificios modelo, de diferentes tipologías, tamaños y usos.
- El tercer objetivo ha sido desarrollar un procedimiento para combinar las soluciones descritas en un proceso iterativo de cálculo por ordenador extrapolable a cualquier edificio.
- Por último y, en cuarto lugar, realizar una catalogación de las soluciones de eficiencia energética, aplicándolas e incorporando las soluciones estudiadas en los resultados de las diferentes fases.





2. Contexto energético





2.1. Introducción al contexto energético

Se procede en este capítulo a realizar una descripción del contexto energético actual, tanto a nivel mundial como referido al Estado español. Se presta especial atención a las consecuencias del uso de la energía desde el punto de vista medioambiental y su relación con el cambio climático y el calentamiento global, que han demostrado tener un origen antropogénico.

Con el propósito de mitigar los efectos del cambio climático, se han tomado diversas iniciativas a nivel internacional que son descritas en el presente capítulo. Así mismo, se aportan soluciones, en el sector de la construcción, la eficiencia energética y el uso de las energías renovables, de las cuales se muestran implicaciones medioambientales, sociales y económicas.

2.2. Cambio climático y calentamiento global

Los últimos años han sido testigos del incremento constante de la temperatura media de la Tierra, batiéndose records en el proceso. Las modernas mediciones climatológicas comienzan en 1880, y a lo largo de estos años se ha controlado minuciosamente la temperatura del planeta con técnicas, instrumental y niveles de precisión cada vez mayores. Los resultados recientes de estas mediciones son desalentadores. Investigadores del Instituto Goddard de Estudios Espaciales de la NASA (National Aeronautics and Space Administration, la Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio de EE UU) y de la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de EE UU) a partir de análisis independientes, afirman que el año 2014 fue el más cálido desde que comenzaron a registrarse las temperaturas (con un margen de fiabilidad del 94% debido a la incertidumbre de los valores individuales de ciertas estaciones meteorológicas). Nuevamente la misma situación se repitió en 2015 y 2016, ha batido todos los registros, siendo el más cálido desde 1880. (NASA, 2017; NOAA, 2017a; Scientific Visualization Studio & Goddard Space Flight Center (NASA), 2016).

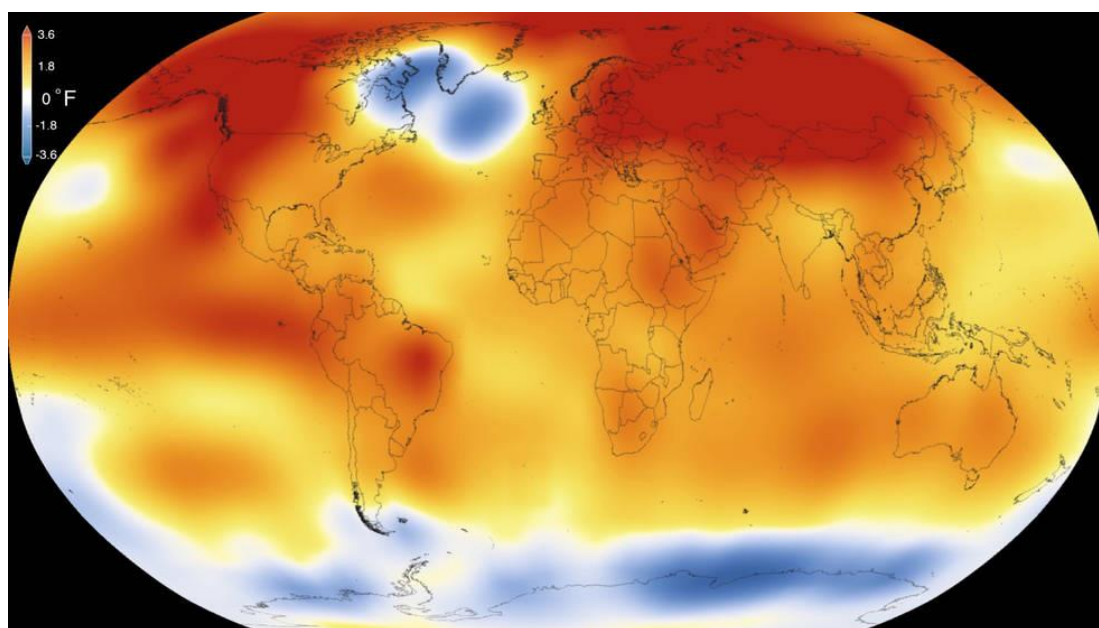


Figura 2.1. Análisis de la temperatura de la Tierra en el año 2015. Fuente: Scientific Visualization Studio, Goddard Space Flight Center (NASA)

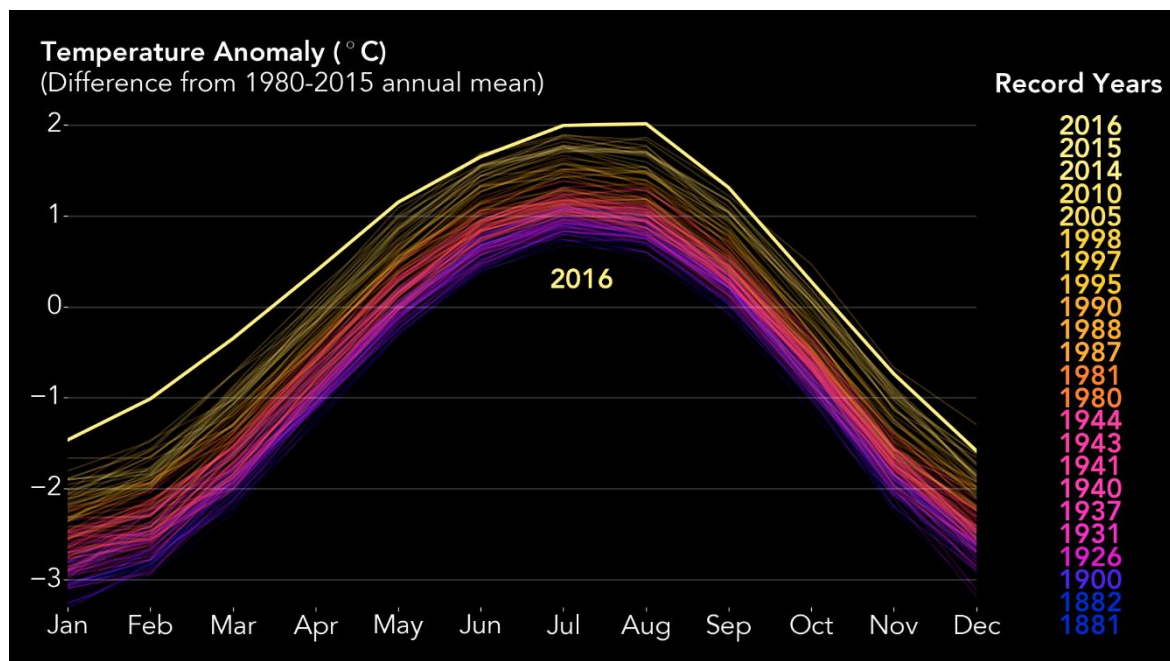


Figura 2.2. Representación de la temperatura media de la Tierra en los últimos 137 años. Fuente: NOAA

Es más, 15 de los 16 años más calurosos registrados en la estadística se han producido a partir del año 2001. La tendencia marcada por el trienio 2014, 2015 y 2016 es un claro indicativo del calentamiento a largo plazo del planeta (NOAA, 2017b). Sirvan los datos enunciados como muestra introductoria de la magnitud del problema medioambiental al que se enfrenta la humanidad y que será desarrollado en este capítulo.

Se entiende por cambio climático al desequilibrio producido en el balance energético de la Tierra debido a agentes y procesos tanto naturales como antropogénicos. El balance energético se realiza entre la energía que el planeta recibe del Sol (parte de la cual es absorbida contribuyendo al calentamiento del planeta) y la que es irradiada de vuelta al espacio. El balance puede ser afectado por diferentes factores, entre ellos la presencia de gases en la atmósfera, cualquier factor que produzca una variación es un forzante radiativo. Mediante el parámetro conocido como forzamiento radiativo (FR), se cuantifica la variación en los flujos energéticos del balance producidos por las variaciones de los agentes (Fundación Biodiversidad, Oficina Española de Cambio Climático, Agencia Estatal de Meteorología, & C.N.E.a., 2013).

La mayor incidencia al FR le corresponde al aumento de la concentración atmosférica de dióxido de carbono, que se contabiliza, a partir de 1750. En concreto, a partiendo de los años 50-60 del pasado siglo, se trata de la variable más destacada a considerar en el forzamiento antropogénico y, por ende, al cambio climático al generar un calentamiento global.

A lo largo de décadas de estudios teóricos y mediante observaciones directas, se han realizado una serie de modelos climáticos. Estos tienen un índice de fiabilidad muy elevado en las representaciones de las temperaturas superficiales y los patrones climáticos. Dichos estudios han revelado que la situación actual es altamente inusual y que no se encuentra equivalente con anterioridad.

El calentamiento observado en el periodo 1951-2010 es aproximadamente de $0,6^{\circ}\text{C}$, que se corresponde con la combinación de los efectos debidos a:

- Los gases de efecto invernadero generan un calentamiento entre $0,5^{\circ}\text{C}$ y $1,3^{\circ}\text{C}$.



- Los aerosoles generan un enfriamiento entre $-0,6^{\circ}\text{C}$ y $0,1^{\circ}\text{C}$.
- Los forzamientos naturales y la variabilidad natural se encuentran en un rango entre $-0,1^{\circ}\text{C}$ y $+0,1^{\circ}\text{C}$.

Los principales efectos detectados en el sistema climático son alarmantes, pues como se ha indicado, no tienen precedente en las medidas registradas desde mediados del siglo XIX o, en determinados casos, mediante registros paleoclimáticos. Brevemente se indican algunos de los efectos (IPCC, 2014):

- Calentamiento de la atmosfera y los océanos.
- La criósfera (las masas de hielo y nieve) ha disminuido tanto en volumen como superficialmente.
- Aumento del nivel del mar.
- Incremento de la concentración de gases de efecto invernadero.

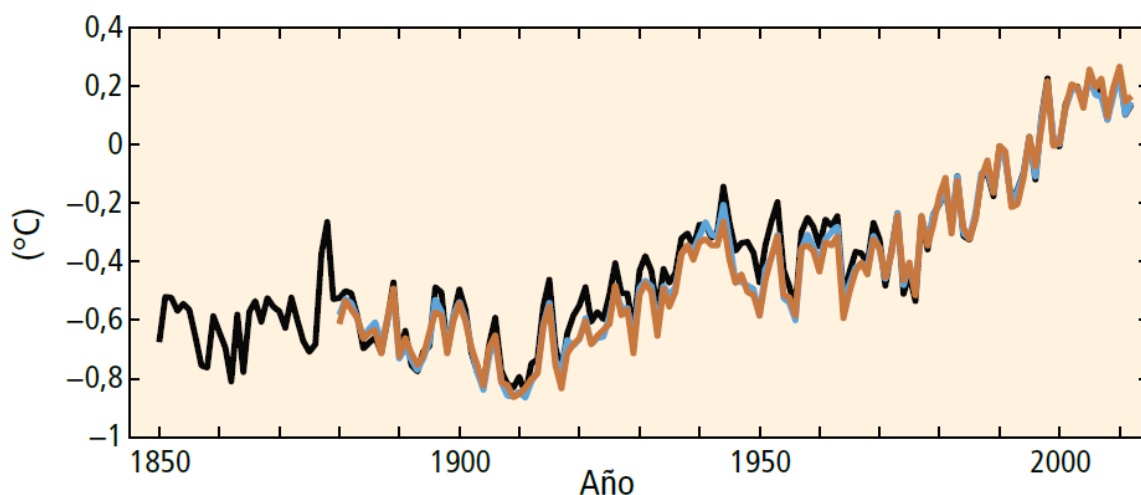


Figura 2.3. Anomalía del promedio global de temperaturas en superficie, terrestres y oceánicas, combinadas. Fuente IPCC

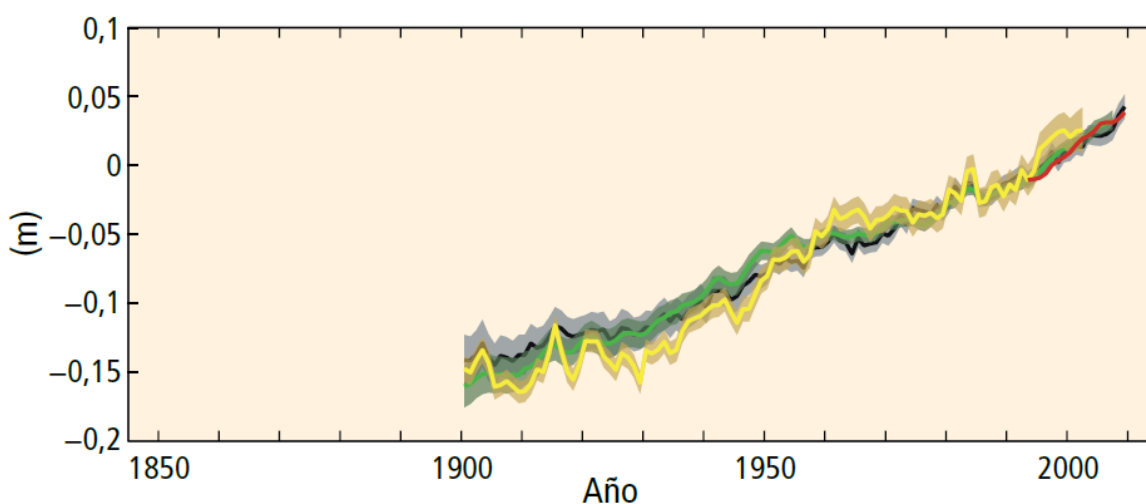


Figura 2.4. Promedio global de la variación del nivel del mar. Fuente IPCC

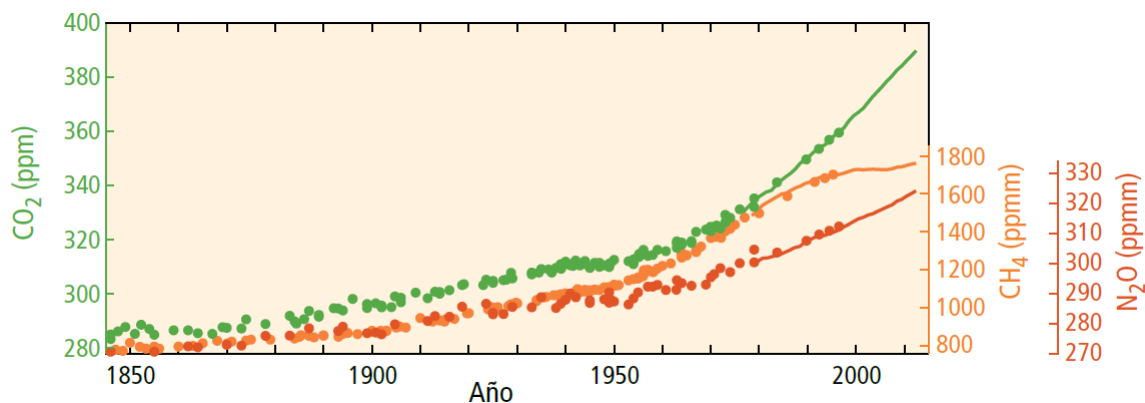


Figura 2.5. Promedio global de concentraciones de gases de efecto invernadero. Fuente IPCC

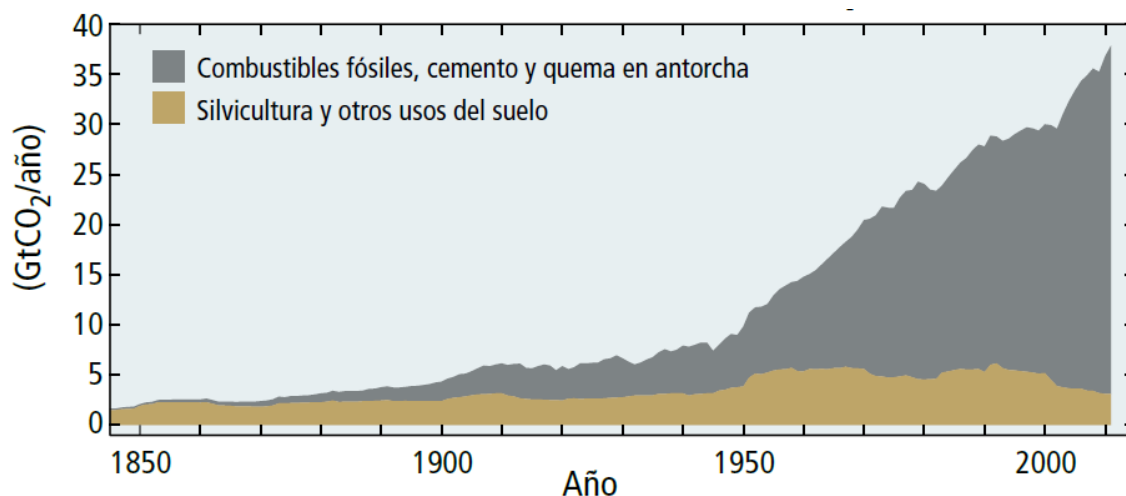


Figura 2.6. Emisiones antropógenas globales de CO₂. (La información cuantitativa de series temporales de emisiones de CH₄ y N₂O de 1850 a 1970 es limitada). Fuente IPCC

Los impactos derivados de los efectos del cambio climático son ya una realidad siendo percibidos en sistemas naturales y humanos, en continentes y océanos, demostrando la sensibilidad de los mismos al cambio del clima.

Desde 1850 que se realizan mediciones de temperatura, las tres últimas décadas han sido las más calurosas sucesivamente, y probablemente es el período más cálido de los últimos 1400 años.

En los últimos 20 años el volumen de los hielos ha descendido y, de hecho, en marzo de 2017 el hielo marino del ártico alcanzó su máxima extensión anual. Dicha extensión fue la menor desde que se tiene constancia a partir de medidas satelitales continuas desde 1979.

El nivel del mar continúa aumentando desde la mitad del siglo XIX, a un ritmo superior al de los 2000 años anteriores. Se ha confirmado que entre 1901 y 2010 el nivel medio global aumentó 0,19 metros.

Mediante mediciones paleoclimáticas se tienen registros de las concentraciones de dióxido de carbono en la atmósfera de los últimos 800000 años, encontrándose en la actualidad en el nivel más alto registrado. Desde el principio de la era industrial la concentración ha aumentado en más de un 40%.



Figura 2.7. Mediciones de la concentración de dióxido de carbono en la atmosfera en los últimos 400000 años. Fuente: NASA

2.2.1. Acuerdo sobre la realidad del cambio climático y su origen antropogénico

Mediante modelos climáticos se ha determinado, (con una probabilidad superior al 95%), que más de la mitad del aumento de la temperatura superficial media global del periodo 1951-2010 ha sido debido a la influencia del ser humano en el medio ambiente. Este fenómeno es el responsable del calentamiento de los océanos, la disminución de los casquetes polares y el resto de zonas de hielo y nieve, el aumento del nivel del mar y comportamientos irregulares en los fenómenos climáticos extremos, como ya se ha indicado (Fundación Biodiversidad et al., 2013).

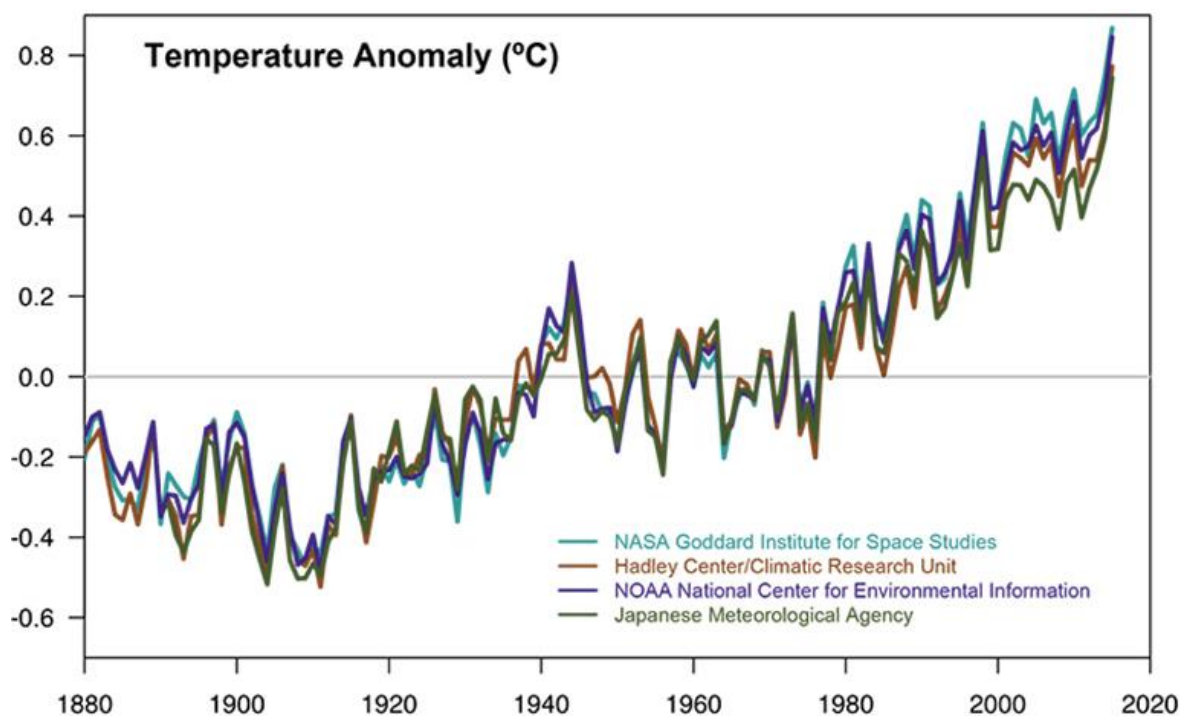


Figura 2.8. Registros de las temperaturas de la Tierra de diferentes organizaciones. Fuente NASA

En la Figura 2.8 puede observarse como los resultados de diferentes organizaciones revelan valores similares en las mediciones de temperatura del planeta. De los numerosos estudios publicados acerca del cambio climático en revistas científicas con revisión por pares, el 97% coinciden en la responsabilidad de las actividades humanas en el origen del problema. El progreso económico y demográfico a partir de la revolución industrial tiene como consecuencia que las emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero sean mayores que nunca. En la actualidad, gobiernos y las principales instituciones científicas, dan por hecho la responsabilidad antropogénica.

En (Cook et al., 2013) se analiza la evolución del consenso acerca del origen antropogénico del cambio climático sobre 11.944 artículos publicados entre los años 1991 y 2011 en revistas con revisión por pares. Entre los trabajos que toman una postura acerca del origen del fenómeno, un 97,1% coincide en la atribución antropogénica, indicando que el número de artículos que lo niegan es una proporción minúscula y que su porcentaje decrece con el tiempo. En un trabajo posterior (Cook et al., 2016), en el que se analizan los consensos alcanzados por diferentes estudios y autores, se vuelve a confirmar la cifra aproximada de un 97%. Las variaciones en los porcentajes de aceptación dependen de la formulación exacta de las cuestiones, las metodologías de muestreo, las variaciones en el tiempo del estudio o en la definición de los consensos. Sin embargo, la aplastante mayoría de resultados confirma de forma inequívoca que el mundo científico asume tanto la realidad del cambio climático como que el causante del fenómeno es el ser humano.

Fuera del mundo técnico la percepción del consenso científico no ha alcanzado al gran público, resultando una situación muy preocupante. Una comprensión precisa del consenso y reconocer los intentos de socavarlo son fundamentales para la alfabetización del público en temas climáticos. Es complejo que un ciudadano pueda expresar una opinión o un voto en unas elecciones en relación a temas climáticos si no cuenta con un bagaje de información en el tema.

Existe una percepción generalizada de que los científicos no han alcanzado un acuerdo sobre la responsabilidad humana en el fenómeno del cambio climático. De forma análoga sucede sobre si el cambio climático en sí mismo es real. (Leiserowitz, Maibach, Roser-Renouf Feinberg, & Rosenthal Gand, 2015) han documentado que entre el público y la clase política estadounidense reina la creencia de que la mayoría de los científicos no están de acuerdo con la hipótesis antropogénica. Solamente el 12 % del público en general estima que el consenso científico es superior al 90%. Otros estudios afirman (Plutzer et al., 2016) que entre los profesores de ciencias estadounidenses también existe este desconocimiento. Solo un 30% de profesores en la escuela primaria y un 45% en la secundaria son conscientes de los niveles reales de consenso.

Es indudable que aumentar los niveles de alfabetización climática es fundamental para que la sociedad acepte las medidas de mitigación de los efectos del cambio climático y aún exija mayores medidas en orden de un beneficio comunal superior.

2.2.2. Soluciones

Entre las soluciones planteadas en orden de mitigar e, incluso, erradicar los efectos del cambio climático y el calentamiento global, destacan los propios objetivos de la Organización de las Naciones Unidas, que dentro de sus “objetivos de desarrollo sostenible” incluye como objetivo decimotercero el “adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos” (Naciones Unidas, 2017).

Las principales metas a alcanzar se reproducen a continuación y son:



- *“Fortalecer la resiliencia y la capacidad de adaptación a los riesgos relacionados con el clima y los desastres naturales en todos los países.*
- *Incorporar medidas relativas al cambio climático en las políticas, estrategias y planes nacionales.*
- *Mejorar la educación, la sensibilización y la capacidad humana e institucional en relación con la mitigación del cambio climático, la adaptación a él, la reducción de sus efectos y la alerta temprana.*
- *Poner en práctica el compromiso contraído por los países desarrollados que son parte en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático con el objetivo de movilizar conjuntamente 100 000 millones de dólares anuales para el año 2020, procedentes de todas las fuentes, a fin de atender a las necesidades de los países en desarrollo, en el contexto de una labor significativa de mitigación y de una aplicación transparente, y poner en pleno funcionamiento el Fondo Verde para el Clima capitalizándolo lo antes posible.*
- *Promover mecanismos para aumentar la capacidad de planificación y gestión eficaces en relación con el cambio climático en los países menos adelantados y los pequeños Estados insulares en desarrollo, centrándose en particular en las mujeres, los jóvenes y las comunidades locales y marginadas”.*

Para cumplir con estos objetivos se promueven iniciativas como el conocido protocolo de Kioto dentro del Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (España, 2005) o más recientemente el Acuerdo de París.

2.2.3. Convenio Marco de Cambio Climático de las Naciones Unidas y el Acuerdo de París

El Acuerdo de París es solo el último eslabón de una cadena mayor en la lucha contra el cambio climático que se inició en 1992 con el Convenio Marco de Cambio Climático de las Naciones Unidas. Es un texto o acuerdo modificable que involucra a 195 países, organizados en dos divisiones, sobre las que se marcan objetivos a cumplir acerca de la limitación de emisiones de gases de efecto invernadero.

Para actualizar el acuerdo se convocan periódicamente Conferencias de las Partes o COP en las que se determinan los alcances de las medidas, regulaciones y el funcionamiento de los acuerdos. La COP 3 fue celebrada en Kioto, Japón, y fue en la que se firmó el famoso protocolo. La COP 21 se celebró en París en 2015 y ha resultado en el primer acuerdo universal en la lucha contra el cambio climático.

Es un avance muy positivo en la lucha contra el cambio climático, pero es un acuerdo con sombras. Por ejemplo, partes del acuerdo de París no son jurídicamente vinculantes, entre ellas los objetivos nacionales de reducción de emisiones, en gran medida debido a los impedimentos planteados por Estados Unidos, China e India.

El principal objetivo es mantener la temperatura global del planeta por debajo de un incremento de 2°C con respecto a los niveles preindustriales siendo el valor deseado inferior a los 1,5°C. Si bien, el acuerdo posee limitaciones, como se ha indicado, en su forma final es legalmente vinculante y garantiza su cumplimiento mediante el mecanismo de revisión de los compromisos de cada país.

Mediante este documento 187 países se comprometen a la reducción de sus emisiones mediante las medidas que consideren necesarias. Para la verificación del estado del acuerdo se realizarán revisiones periódicas cada 5 años, entre otros motivos, para aumentar la ambición del mismo.

El objetivo final es conseguir que las emisiones de gases de efecto invernadero toquen techo, es decir, alcancen su máximo lo antes posible, consiguiendo que, de cara a la segunda mitad del siglo, se alcance un equilibrio entre los gases emitidos y los que pueden ser absorbidos. Sería alcanzar la meta de las cero emisiones netas. Se seguirán emitiendo gases de efecto invernadero, pero éste será absorbido por medios naturales como la vegetación y mediante técnicas artificiales como el almacenamiento geológico (European Commission., 2016; Ministerio de Industria Energía y Turismo, 2016).

2.3. El uso de la energía

Ya se ha expuesto la relación entre la concentración de dióxido de carbono (y otros gases de efecto invernadero) en la atmosfera y el calentamiento global. De forma indudable, el uso de energías derivadas de material fósil, incrementa las concentraciones atmosféricas de CO₂, siendo acuciante una importante reducción en su uso dentro del mix energético mundial.

El consumo de energía a nivel mundial en 2015 limitó su crecimiento un 1% por debajo del promedio de los últimos años, resultando la tasa de crecimiento más baja desde 1998. Resulta difícil cuantificar como afecta al consumo de energía la actual crisis económica, si bien el crecimiento en los últimos 25 años del consumo energético mundial es una realidad (Figura 2.9). Como principal dato positivo se puede extraer que en 2015 el 2.8 % del consumo mundial de energía se produjo a partir de fuentes primarias renovables (British Petroleum, 2016).

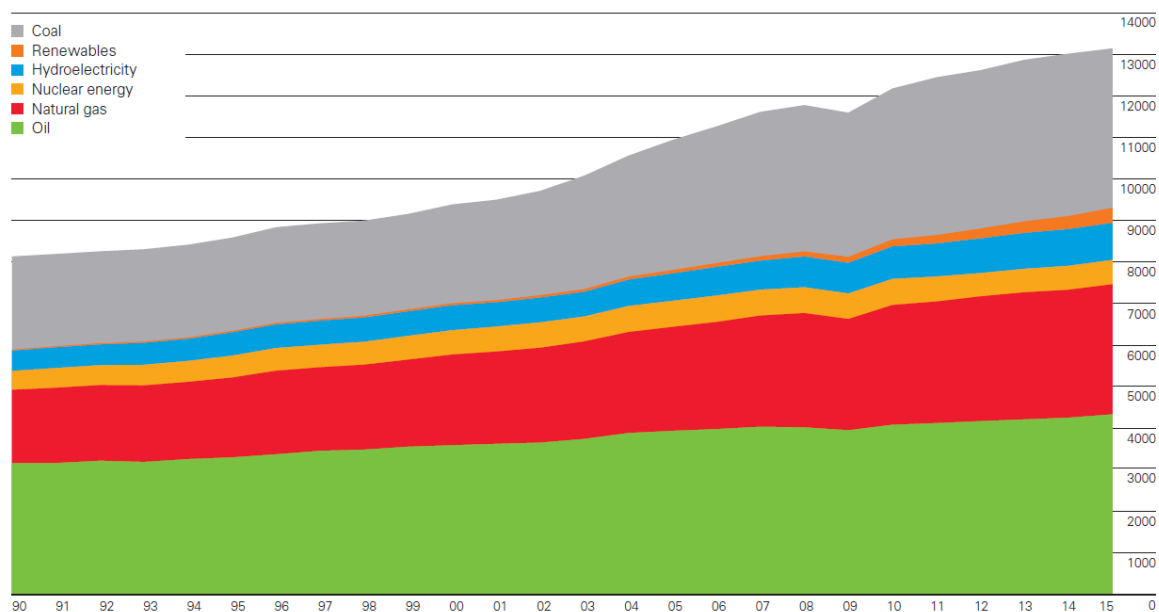


Figura 2.9. Consumo de energía mundial por fuente de energía primaria, en millones de toneladas equivalentes de petróleo. Fuente: BP Statistical Review of World Energy

Acudiendo a datos recientes suministrados por la Agencia Internacional de la Energía (International Energy Agency, 2017) se constata que el consumo de energía a nivel mundial ha aumentado de forma considerable, superándose el doble de los valores de consumo previos a la crisis del petróleo de 1973.

Se puede observar cómo a pesar del aumento de producción energética de renovables, especialmente en tecnología geotérmica, solar y eólica, el predominio de la producción mundial corresponde a la energía de origen fósil, destacando el especial incremento en la producción a partir de carbón y gas natural.

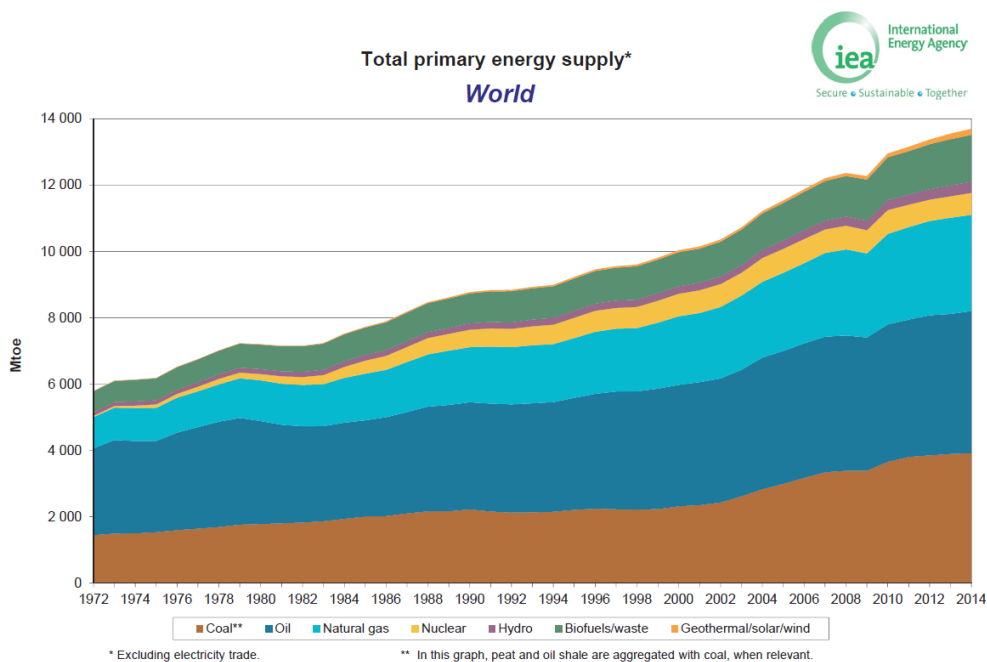


Figura 2.10. Suministro de energía primaria mundial según fuente en megatoneladas equivalentes de petróleo. Fuente OECD/IEA 2016

El consumo de petróleo y sus derivados, aunque no ha experimentado un aumento tan espectacular como el del carbón o el del gas natural, continúa aumentando. Tan solo se aprecia un pequeño descenso en su consumo con la aparición de la crisis económica, siendo además rápidamente superado.

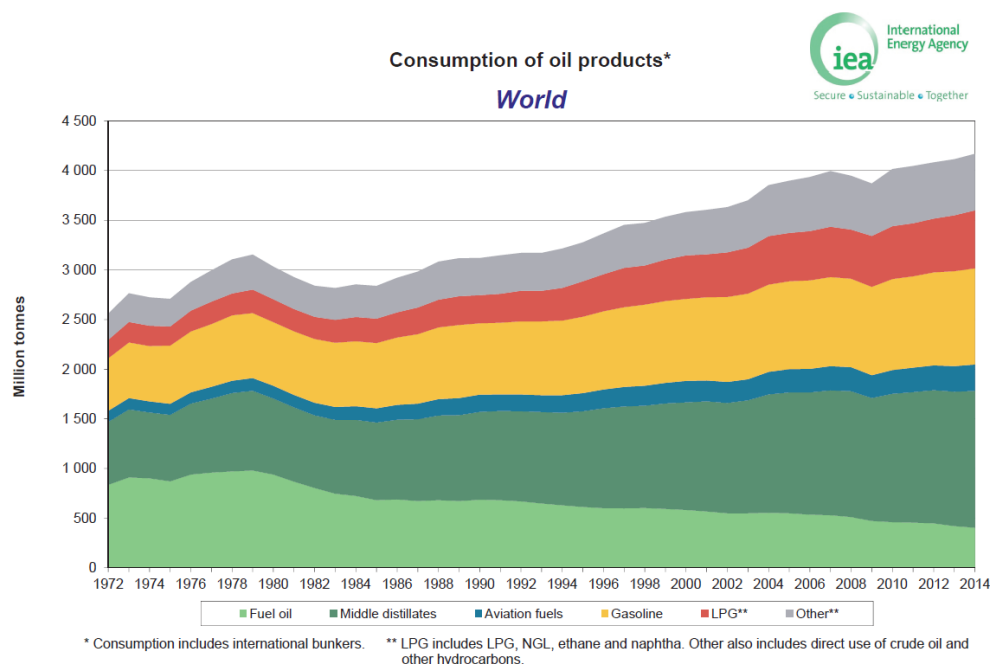


Figura 2.11. Consumo mundial de petróleo y sus derivados en millones de toneladas. Fuente OECD/IEA 2016

En el caso de España, como puede observarse, se ha producido un importante descenso en el suministro total de energía primaria, en gran medida, debido a la crisis económica que comenzó en 2008 y, en parte, a la aplicación cada vez mayor de medidas de eficiencia energética.

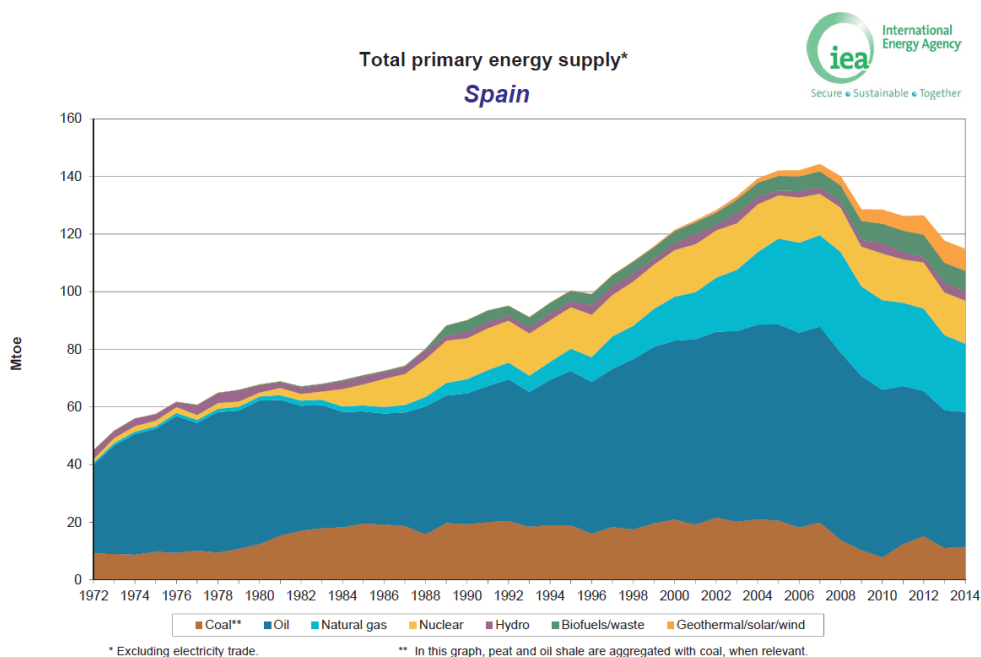


Figura 2.12. Suministro total de energía primaria en España. Fuente OECD/IEA 2016

El mismo descenso se aprecia en el consumo de petróleo y sus derivados.

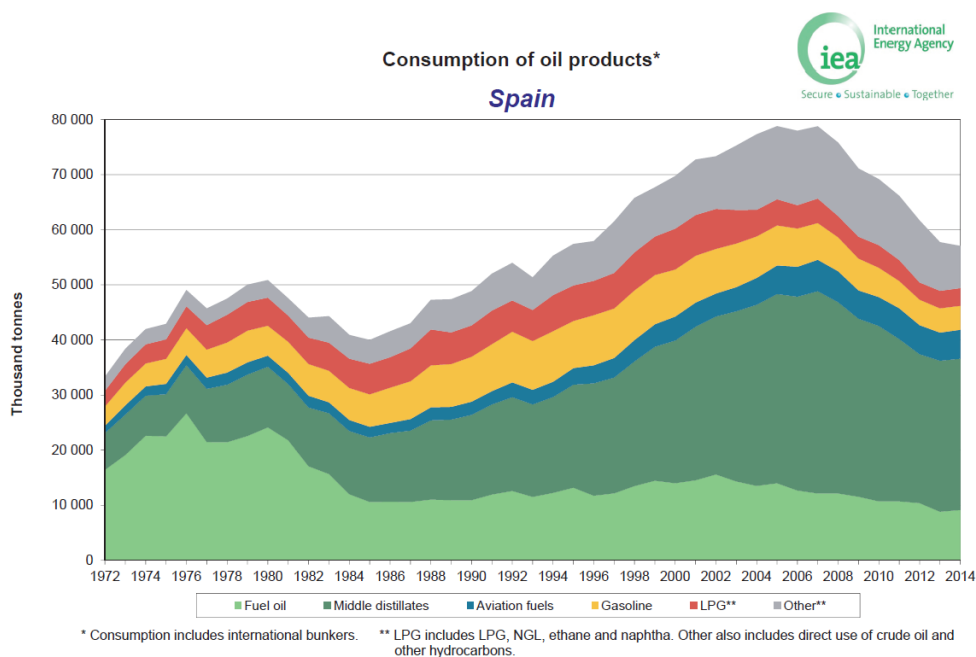
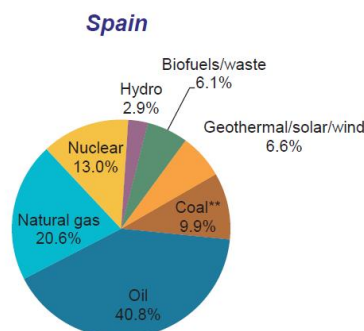


Figura 2.13. Consumo en España de petróleo y sus derivados en millones de toneladas. Fuente OECD/IEA 2016

A pesar del descenso en el suministro total de energía primaria en España, y descartando los datos de la producción de electricidad (donde se han producido importantes avances en la implementación de renovables), se constata que la proporción sobre el total del suministro de energía primaria se encuentra aún dominado por los combustibles fósiles.



Share of total primary energy supply* in 2014



115 Mtoe

* Share of TPES excludes electricity trade. ** In this graph, peat and oil shale are aggregated with coal, when relevant.
Note: For presentational purposes, shares of under 0.1% are not included and consequently the total may not add up to 100%.

Figura 2.14. Proporción sobre el total del suministro de energía primaria en España por fuente. Fuente OECD/IEA 2016

2.4. La eficiencia energética

Una definición formal de la eficiencia energética del edificio puede encontrarse en (Europa, 2010): “cantidad de energía calculada o medida que se necesita para satisfacer la demanda de energía asociada a un uso normal del edificio, que incluirá, entre otras cosas, la energía consumida en la calefacción, la refrigeración, la ventilación, el calentamiento del agua y la iluminación”. Una medida de eficiencia energética queda definida como el “cambio que se introduce en un edificio y que da como resultado una reducción de su demanda de energía primaria” (Unión Europea, 2012).

Es evidente por lo expuesto en los anteriores apartados que uno de los mayores retos a los que se enfrenta el mundo, y en particular España y Europa, es la reducción de su consumo de energía a partir de fuentes no renovables. Al mismo tiempo, la dependencia de las importaciones de petróleo y otros combustibles, la limitada diversificación, los precios elevados y su volatilidad, los problemas de seguridad, etc. son fenómenos que han llevado a que la Unión Europea marque como núcleo de su política energética una serie de medidas destinadas a “lograr un mercado de la energía integrado, la seguridad del suministro energético y la sostenibilidad del sector energético (Europa, 2017)”. Para ello, entre otras medidas, cobran especial importancia la eficiencia energética y el uso de energías renovables.

Entre otras medidas se tomó la decisión de que en el año 2020 se debía reducir un 20% el consumo de energía con respecto al del año 2007. El pilar central de esta medida es el empleo de medidas de eficiencia energética que, asimismo reducen las emisiones de gases de efecto invernadero, mejoran la seguridad del suministro, rebajan los gastos de importación, favorecen la disminución de los costes de la energía, reducen la dependencia energética, y fomentan la competitividad de las economías europeas (Europa, 2007).

Por ello, la Unión Europea ha introducido medidas para mejorar la eficiencia a lo largo de todas las etapas de la cadena energética, desde su generación hasta la utilización de la energía por parte del usuario final. En esta línea, se han estipulado límites mínimos de eficiencia energética para el diseño ecológico de productos, servicios e infraestructuras (European Commission., 2006).

2.5. Acerca de los edificios

De acuerdo con la Comisión Europea el sector de la construcción es el que tiene un mayor consumo de energía. Se estima que los edificios representan al menos un 40% del consumo de energía final y que son responsables del 36% de las emisiones de gases de efecto invernadero en la Unión Europea (calculado combinando el consumo final de viviendas con el del sector servicios) (Europa, 2016; Eurostat, 2012).

Los principales emisores son aquellos edificios que fueron construidos antes de la implementación de los estándares europeos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. En España, según estimaciones del Buildings Performance Institute Europe, BPIE (BPIE, 2011), existen más de 5 millones de viviendas que tienen más de 50 años y otros 8,5 millones tienen entre 30 y 50 años. Esto significa que ninguno de estos edificios, en total 13,5 millones, cuentan con medidas de eficiencia energética implementadas.

En vista de estos datos existen iniciativas a nivel europeo y español, para aplicar soluciones de eficiencia energética al conjunto de edificios existentes y de aplicar restrictivas medidas en referencia al consumo energético para los edificios de nueva planta.

2.6. Triple enfoque, social, económico y ecológico, aplicado a la eficiencia en edificios

Se ha hecho especial hincapié en la situación derivada de la emisión de gases de efecto invernadero a la atmosfera, de cómo estos son el principal origen del calentamiento global y del cambio climático y de que los edificios, en la Unión Europea en particular, son responsables de gran parte de estas emisiones. La solución planteada por organismos como las Naciones Unidas y la propia Unión Europea es la redefinición del modelo energético basándolo en un mayor grado en la aplicación de medidas de eficiencia energética y en el uso de energías renovables. Pero es necesario destacar que la utilización de estas medidas en el sector de la construcción generará impactos que yendo más allá de lo medioambiental presentarán beneficios a nivel social y económico para la sociedad.

Más allá de los ahorros de costes generados debido al menor consumo energético, se estima que la aplicación de una política agresiva de mejora de la eficiencia energética en la construcción, como la del plan de modernización térmica para edificios, previsto desde la Unión Europea, generaría unas prestaciones sociales netas de aproximadamente 700000 millones de euros. Desde un punto de vista económico se produciría un estímulo de la economía y la creación de nuevos puestos de trabajo. La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos estima que la aplicación de proyectos de modernización térmica produce unos beneficios 1,5 veces mayores a los ahorros generados. Subvencionar estos programas repercute de manera positiva a los estados que invierten en ellos, al retornar un beneficio a los estados de 2,47 euros por cada uno invertido. Por ejemplo, en Alemania una inversión de este tipo con un presupuesto de 1400 millones de euros creó 340000 empleos nuevos y generó un beneficio para el presupuesto del estado de 7200 millones de euros. A nivel social se puede destacar que una reducción en los costes de calefacción y refrigeración en edificios contribuye a limitar la exclusión social de personas con bajos ingresos. Del mismo modo, la aplicación de estas medidas contribuiría a mitigar el preocupante número de personas que se encuentran en situación de pobreza energética, que se produce cuando una familia no puede pagar los costes de la energía para sus necesidades domésticas o debe dedicar una parte excesiva de sus ingresos en ello (BPIE, 2015; Tirado Herrero., Jiménez Meneses, López Fernández, Martín García, & Perero Van Hove, 2014).



Por lo expuesto en este capítulo, se constata que la humanidad se halla ante una situación insostenible y que es necesario replantear los modelos energéticos actuales y, en particular, en el sector de la construcción. No solo desde un punto de vista ecológico, debido a la contribución de los edificios al cambio climático, sino considerando además aspectos económicos y sociales.





3. Edificios de consumo casi nulo





3.1. Introducción a los edificios de consumo casi nulo

En el presente capítulo se realiza un estudio del estado del arte mediante un concienzudo repaso de las teorías, técnicas y avances relacionados con el desarrollo del concepto de los nZEB como paso previo fundamental a la hora de acometer la investigación en la que se fundamenta la Tesis (González Alonso & González, 2014). Se analizan las principales normativas, recomendaciones y otros documentos oficiales, a nivel europeo y español, que afectan a la eficiencia energética de los edificios, prestando especial atención a cómo se han ido introduciendo los fundamentos de la definición de los nZEB. Se acomete una revisión de publicaciones científicas relacionadas con los nZEB y la eficiencia energética edificatoria, en general, donde se recogen aspectos como su viabilidad, definiciones, soluciones constructivas para su obtención, técnicas y herramientas de diseño empleadas, etc. Finalmente se efectúa un somero análisis a algunos de los estándares más extendidos a nivel mundial.

3.2. Normativa asociada a la eficiencia energética en edificios

En orden de mitigar la problemática energética descrita en el capítulo anterior, desde diferentes organismos oficiales se han impulsado iniciativas para reducir el consumo de energía de los edificios mejorando su desempeño energético. Un ejemplo claro, como se indicaba en el capítulo de introducción, es la publicación en 2010 de la Directiva de eficiencia energética en edificios (Europa, 2010) que obligará, a partir del 31 de diciembre de 2018, a que los edificios públicos y, el 31 de diciembre de 2020, todos los edificios nuevos sean de consumo de energía casi nulo. Otro ejemplo claro de este impulso fue la aparición en España del documento básico de ahorro de energía del Código Técnico de la Edificación (CTE DB HE) (España, 2013a).

En este apartado se realiza una descripción breve de las normativas más destacadas que involucran a la eficiencia energética en los edificios. Algunas de ellas están enfocadas en el rendimiento de instalaciones o en la envolvente térmica, como pueden ser el RITE o el Código Técnico de la Edificación. Y otras, como los Decretos de calificación energética, se refieren al comportamiento energético global del edificio. Para ello se calculan, en unas condiciones de uso determinadas del edificio las emisiones de dióxido de carbono que este emite a la atmósfera a lo largo de un periodo determinado, normalmente un año, obteniendo de ese modo una calificación energética.

Es necesario reseñar que la calificación energética es una herramienta sencilla que muestra el desempeño energético del edificio en unas condiciones estándar y sirve para compararlo con otros edificios y otras soluciones de eficiencia energética. Pero la misma calificación y los programas de cálculo utilizados para obtenerla no son herramientas adecuadas para el diseño de un edificio de consumo casi nulo, al carecer de los niveles de precisión deseados para obtener un diseño de mínimo desempeño energético como se expone en el siguiente capítulo.

A lo largo de la presente sección podrá constatarse que las normativas referenciadas están estrechamente relacionadas y tienen como objetivo final la minoración del consumo energético de los edificios hasta que, en un futuro, este consumo pueda ser suficientemente bajo como para que el inmueble pueda ser considerado un edificio de consumo casi nulo (Calderín, 2014). A pesar de que las normativas actuales son mucho más exigentes que hace unos años, el cumplimiento de sus requerimientos no es suficiente para la consecución de un nZEB. Su nivel de exigencia deberá aumentarse en los próximos años. Se podría afirmar, realizando un símil matemático, que las exigencias actuales son condición necesaria, pero no suficiente.

3.2.1. Primeras normativas de eficiencia energética en edificios en España

A lo largo de los últimos 40 años en España se han incorporado diversas normativas con el objetivo de reducir el consumo energético en los edificios. Antes de analizar de una forma más detallada las normativas en vigor o más recientes se va a realizar un somero repaso de las reglamentaciones previas (Sastresa, de Garaio, Usón, & Bribián, 2010).

Con el objetivo de unificar la normativa referida a la edificación surgieron, en los años 70 del pasado siglo en España, las NBE (Normas Básicas de la Edificación) de obligado cumplimiento y las NTE (Normas Tecnológicas de la Edificación) complementarias a las anteriores y de aplicación voluntaria. Entre ellas, y en relación con el comportamiento energético de los edificios, surgió la NBE-CT-79 o Norma Básica de la Edificación sobre Condiciones Térmicas en los edificios (España, 1979).

Esta norma tenía como objetivo establecer las condiciones térmicas exigibles a los edificios y para ello fijaba valores límites a la transmisión global de calor a través del conjunto del cerramiento (a través de un coeficiente llamado K_G) y en cada uno de los elementos que lo forman, a la permeabilidad al aire y al comportamiento higrotérmico.

La NBE-CT-79, surgida en una coyuntura marcada por las crisis energéticas de la época, supuso la primera exigencia de un valor de aislamiento mínimo en los edificios y, aunque omite otros conceptos como la inercia térmica o la protección solar en huecos, significó un importante avance al ser una normativa pionera en España acerca de la eficiencia energética en edificios.

Ya en la década de los 80 se publicó el RICCA (Reglamento de Instalaciones de Calefacción, Climatización y ACS). Reconociendo la importancia del consumo energético de las instalaciones térmicas no industriales, apostaba por regularlas introduciendo la obligatoriedad de incorporar en los aparatos generadores una “etiqueta de identificación energética” (entre comillas en la normativa original) y exigiendo valores mínimos de rendimiento en las instalaciones (España, 1980).

Una vez que España ingresó en la Comunidad Económica Europea y a partir de la aparición del programa SAVE y de la Directiva 93/76/CEE, se incorporaron nuevas exigencias relativas a las emisiones de gases de efecto invernadero y fue introducido el concepto de la certificación energética en viviendas como medio para fomentar la construcción de edificios residenciales eficientes e informar al ciudadano (Europa, 1993).

En 1998 fue publicado el RITE o Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios en sustitución del RICCA en el que se basaba, aunque avanzando en la política de uso racional de la energía en consonancia con los objetivos energéticos y medioambientales de la Unión Europea (España, 1998).

3.2.2. Directiva 2002/91/CEE

La Directiva de eficiencia energética de edificios (Directiva 2002/91/CEE, o EPBD por sus siglas en inglés (Energy Performance of Buildings Directive)) (Europa, 2003) completó el desarrollo de la Directiva SAVE, al mismo tiempo que la derogó, fomentando la eficiencia en los edificios europeos considerando las condiciones climáticas exteriores, las singularidades de cada territorio, las exigencias de confort interiores y la relación entre coste y eficacia de las medidas a implementar. El objetivo era fomentar la construcción de edificios más eficientes e impulsar la rehabilitación de los edificios existentes para reducir su consumo energético.



Las principales exigencias de la normativa se referían a:

- Los procedimientos de cálculo de la eficiencia energética en los edificios.
- Los requisitos mínimos de eficiencia energética en edificios de nueva planta y en edificios existentes para reformas de importancia.
- La introducción de la certificación energética.
- La introducción de inspecciones periódicas en instalaciones térmicas.

Parte de la Directiva fue transpuesta mediante el Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, en el que se aprobó el procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción.

3.2.3. Directiva 2010/31/UE

La Directiva 2002/91/CE fue refundida en la Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, relativa a la eficiencia energética de los edificios (Europa, 2010), y contiene el *“marco metodológico comparativo para calcular los niveles óptimos de rentabilidad de los requisitos mínimos de eficiencia energética de los edificios y de sus elementos.”*

La Directiva se ha traspuesto en diferentes normativas españolas, en una revisión del Código Técnico de la Edificación y, en lo referente a la trasposición al marco jurídico español de la certificación de eficiencia energética de edificios existentes, mediante el RD 235/2013, entre otras.

Manteniendo las bases de la Directiva del 2002, se introducen importantes cambios referidos a la distinción entre edificios nuevos y rehabilitaciones, marcando unos requisitos mínimos de medidas de eficiencia energética a aplicar individual y colectivamente sobre instalaciones de agua caliente sanitaria, calefacción, refrigeración y ventilación. Además, esta Directiva cobra una importancia capital en el contexto abordado por la Tesis Doctoral al significar la introducción en la normativa comunitaria del concepto de edificio de consumo casi nulo, objeto final a obtener mediante la metodología presentada en la Tesis.

Dentro del concepto del marco metodológico comparativo introducido por la Directiva se permite que las soluciones a introducir por cada Estado para la mejora de la eficiencia solo tengan un desvío del 15% con respecto a un óptimo de rentabilidad económica calculado según los requisitos del artículo 4 de la Directiva.

En el caso de edificios de nueva construcción la Directiva establece que antes de su edificación es necesaria la realización de análisis detallados donde se analice la viabilidad técnica, económica y medioambiental de incorporar a los mismos instalaciones de alta eficiencia como la cogeneración, las instalaciones descentralizadas de abastecimiento de energía basadas en energía procedente de fuentes renovables, la calefacción o refrigeración urbana o central (en particular con aporte de fuentes renovables) y las bombas de calor.

3.2.4. Directiva 2012/27/UE

En 2012 se aprobó la Directiva 2012/27/UE, relativa a la eficiencia energética (Europa, 2012), conocida como EED por sus siglas en inglés (Energy Efficiency Directive, EED), se trata de la principal iniciativa normativa dedicada a los objetivos de reducción del consumo energético global de Europa. Se refiere a diferentes sectores y, entre ellos, engloba a la edificación. Fue modificada levemente en 2013 mediante la Directiva 2013/12/UE con motivo de la adhesión de Croacia a la Unión Europea (Europa, 2013).

Consiste en un conjunto de medidas creadas para ayudar a alcanzar el objetivo del 20% de eficiencia energética en 2020. A finales de 2016 (European Commission, 2016) se propuso desde la Unión, que la Directiva fuera modificada con el objetivo de alcanzar el 30% de eficiencia energética para 2030.

El principal objetivo de la norma es alcanzar un ahorro del 1,5% de energía anual mediante la implementación de medidas de eficiencia. Para ello se hace hincapié en mejorar la información sobre consumos de los ciudadanos, llevar a cabo renovaciones de alta eficiencia energética en al menos un 3% de los edificios públicos de más de 500 m² de superficie anualmente, introducir las auditorías energéticas en grandes empresas, fomentar desde el sector público la compra de soluciones altamente eficientes en todos los ámbitos, etc. (European Commission, 2017a).

3.2.5. Código Técnico de la Edificación

El CTE o Código Técnico de la Edificación, RD 314/2006, de 17 de marzo (España, 2006; Ministerio de Fomento, 2017), es el actual marco normativo mediante el cual se regulan en España los principales aspectos relacionados con los requisitos básicos de seguridad, habitabilidad y accesibilidad establecidos en la Ley 38/1999 de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación (LOE), según lo indicado en la misma: *“Ante la creciente demanda de calidad por parte de la sociedad, la Ley establece los requisitos básicos que deben satisfacer los edificios de tal forma que la garantía para proteger a los usuarios se asiente no sólo en los requisitos técnicos de lo construido sino también en el establecimiento de un seguro de daños o de caución. Estos requisitos abarcan tanto los aspectos de funcionalidad y de seguridad de los edificios como aquellos referentes a la habitabilidad.”* La publicación del CTE permitió la creación de un marco normativo unificado para la edificación que llevaba fraguándose desde bastante tiempo atrás, ya en 2001 surgió un primer documento en consonancia con la Directiva SAVE que no llegó a ser publicado debido a la aparición de la Directiva 2002/91/CEE. El documento actualmente vigente no es el que fue publicado en 2007, desde entonces ha sufrido diferentes revisiones, de esta forma la normativa permanece actualizada.

DB SE: Seguridad estructural.

- DB SE-AE: Acciones en la edificación
- DB SE-A: Estructuras de acero
- DB SE-F: Estructuras de fábrica
- DB SE-M: Estructuras de madera
- DB SE-C: Cimentaciones

DB SI: Seguridad en caso de incendio

DB SUA: Seguridad de utilización y accesibilidad

DB HE: Ahorro de energía

DB HR: Protección frente al ruido

DB HS: Salubridad

Figura 3.1. Documentos básicos del CTE

El CTE establece un conjunto de exigencias a cumplir para garantizar los requisitos mínimos de seguridad y habitabilidad, detalladas en la primera parte del código. En una



segunda parte, conformada por documentos de carácter técnico, se detallan y cuantifican las exigencias básicas y se ofrecen procedimientos que permiten satisfacer las mismas. El listado de documentos básicos puede observarse en la Figura 3.1.

Se puede deducir de los Documentos Básicos enunciados que, mediante la aplicación del CTE, se persigue aumentar el estándar de calidad en la edificación, además de mejorar la protección del usuario y fomentar el desarrollo sostenible, tanto en edificios de nueva planta como en reformas importantes.

Una de las principales características del CTE es su enfoque prestacional (o por objetivos), a diferencia de normativas como las NBE y NTE de un enfoque más prescriptivo. En este tipo de enfoque la normativa da unos objetivos a cumplir, pero deja abierta la puerta a que estos se consigan de la forma que el proyectista considere oportuna. La flexibilidad aportada a la normativa bajo este punto de vista permite a los proyectistas alejarse de las soluciones convencionales pudiendo optar por el uso de la más moderna tecnología o por soluciones tradicionales. Desde la perspectiva de esta Tesis Doctoral el enfoque prestacional es fundamental puesto que, aparte de realizar diseños de edificios de alta eficiencia, la investigación persigue que dichos edificios, cumplan con la normativa vigente. Al emplear tanto las técnicas de diseño como las tecnologías más recientes combinadas con soluciones propias de la arquitectura vernácula o tradicional, se antoja complicado que la normativa vigente incorporara una variedad tan amplia de técnicas recogida en una normativa prescriptiva. Al utilizar un enfoque prestacional el CTE posibilita que los edificios planteados en la Tesis cumplan con sus exigencias en referencia al documento básico de ahorro de energía.

La utilización de un enfoque prestacional en el CTE, ya presente en las regulaciones de la mayoría de los países de nuestro entorno, favorece el desarrollo de la investigación e innovación y la incorporación de nuevas tecnologías al sector de la edificación (Ministerio de Fomento, 2017).

Es conveniente destacar dentro de las diferentes exigencias del CTE las relacionadas con el cumplimiento del requisito básico de ahorro de energía que consiste en *“conseguir un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los edificios, reduciendo a límites sostenibles su consumo y conseguir asimismo que una parte de este consumo proceda de fuentes de energía renovable, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.”* Las exigencias relacionadas con el ahorro de energía son las siguientes:

“Exigencia básica HE 1: Limitación de la demanda energética.

Los edificios dispondrán de una envolvente de características tales que limite adecuadamente la demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar térmico en función del clima de la localidad, del uso del edificio y del régimen de verano y de invierno, así como por sus características de aislamiento e inercia, permeabilidad al aire y exposición a la radiación solar, reduciendo el riesgo de aparición de humedades de condensación superficiales e intersticiales que puedan perjudicar sus características y tratando adecuadamente los puentes térmicos para limitar las pérdidas o ganancias de calor y evitar problemas higrotérmicos en los mismos.

Exigencia básica HE 2: Rendimiento de las instalaciones térmicas.

Los edificios dispondrán de instalaciones térmicas apropiadas destinadas a proporcionar el bienestar térmico de sus ocupantes. Esta exigencia se desarrolla actualmente en el

vigente Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, RITE, y su aplicación quedará definida en el proyecto del edificio.

Exigencia básica HE 3: Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación.

Los edificios dispondrán de instalaciones de iluminación adecuadas a las necesidades de sus usuarios y a la vez eficaces energéticamente disponiendo de un sistema de control que permita ajustar el encendido a la ocupación real de la zona, así como de un sistema de regulación que optimice el aprovechamiento de la luz natural, en las zonas que reúnan unas determinadas condiciones.

Exigencia básica HE 4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.

En los edificios, con previsión de demanda de agua caliente sanitaria o de climatización de piscina cubierta, en los que así se establezca en este CTE, una parte de las necesidades energéticas térmicas derivadas de esa demanda se cubrirá mediante la incorporación en los mismos de sistemas de captación, almacenamiento y utilización de energía solar de baja temperatura, adecuada a la radiación solar global de su emplazamiento y a la demanda de agua caliente del edificio o de la piscina.

Los valores derivados de esta exigencia básica tendrán la consideración de mínimos, sin perjuicio de valores que puedan ser establecidos por las administraciones competentes y que contribuyan a la sostenibilidad, atendiendo a las características propias de su localización y ámbito territorial.

Exigencia básica HE 5: Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica.

En los edificios que así se establezca en este CTE se incorporarán sistemas de captación y transformación de energía solar en energía eléctrica por procedimientos fotovoltaicos para uso propio o suministro a la red. Los valores derivados de esta exigencia básica tendrán la consideración de mínimos, sin perjuicio de valores más estrictos que puedan ser establecidos por las administraciones competentes y que contribuyan a la sostenibilidad, atendiendo a las características propias de su localización y ámbito territorial.”

A través del Documento Básico de Ahorro de Energía (DB HE) (España, 2013a) se han transpuesto las Directivas europeas referentes a la eficiencia energética en edificios, en la primera versión del 2006, la Directiva 2002/91/CE y, en la versión de 2013, la Directiva 2010/31/UE. Con motivo de la revisión del documento realizada en 2013 se fijan objetivos de eficiencia en los edificios bastante más ambiciosos al endurecerse los requisitos en consonancia al objetivo de obtener en un futuro próximo edificios de consumo de energía prácticamente nulo.

La revisión de 2013 del CTE HE es solo un paso intermedio en el camino hacia los nZEB, por ello se prevé la aparición de nuevas normativas que continúen endureciendo las exigencias a alcanzar, comenzando por una nueva revisión del CTE HE prevista para el año 2018, de la cual ya he publicado un documento de bases para su actualización (Ministerio de Fomento, 2016). Se pretende que se avance hacia un marco normativo general referido a la eficiencia energética en edificios integrado y coherente en el que se combinen el CTE HE, la reglamentación referida a certificación energética y el RITE.

3.2.6. RITE

En 2007 se aprobó un nuevo RITE en sustitución del publicado en 1998. Regula el uso de las instalaciones térmicas de los edificios en orden de conseguir unos requisitos mínimos de confort y salubridad para las personas con el mínimo gasto energético posible. Fue



modificado en 2013 mediante el Real Decreto 238/2013, de 5 de abril, por el que se modifican determinados artículos e instrucciones técnicas del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, aprobado por Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio (España, 2007, 2013c).

Se aplica tanto a instalaciones nuevas como, en algunos casos, a instalaciones existentes. Regula aspectos como los rendimientos mínimos de los equipos y otras medidas de eficiencia energética en la instalación, los mantenimientos, las inspecciones y el personal autorizado para ellos, etc.

3.2.7. RD 235/2013

La transposición parcial de la Directiva 2010/31/UE, en lo relativo a la regulación de la certificación de eficiencia energética de edificios, se realizó mediante el RD 235/2013 (España, 2013b), refundiendo el Real Decreto 47/2007, ya existente y referido a la certificación de eficiencia energética de edificios nuevos, incorporando el procedimiento referido a edificios existentes.

El Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios, obliga a *“la presentación o puesta a disposición de los compradores o arrendatarios del certificado de eficiencia energética de la totalidad o parte de un edificio, según corresponda, será exigible para los contratos de compraventa o arrendamiento ...”*

La certificación energética de un edificio implica calcular o medir *“el consumo de energía necesaria para satisfacer anualmente la demanda energética del edificio en unas condiciones normales de funcionamiento y ocupación, y se expresa de forma cualitativa o cuantitativa mediante indicadores, índices y calificación, o letras de una escala determinada convencionalmente y que varía de mayor a menor eficiencia.”*

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL PROYECTO ETIQUETA

DATOS DEL EDIFICIO

Nombre completo edificio: _____ Tipo de edificio: _____
 Construcción / rehabilitación: _____ Dirección: _____
 Referencia catastral: _____ Municipio: _____
 C. P.: _____
 C. Autónoma: _____

ESCALA DE LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

Calificación	Consumo de energía kWh / m ² año	Emisiones kg CO ₂ / m ² año
A (muy eficiente)		
B		
C		
D		
E		
F		
G (menos eficiente)		

REGISTRO: _____

ESPAÑA
Directiva 2010 / 31 / UE

Figura 3.2. Modelo de etiqueta energética para edificios. Fuente IDAE

La utilización de indicadores estandarizados permite cuantificar el nivel de eficiencia energética del edificio, proporcionando información útil acerca de la forma de aumentarlo. Los indicadores se expresan en forma anual y por unidad de superficie útil del edificio y muestran la energía consumida por el edificio para cubrir, en condiciones normales de uso y en unas condiciones climáticas dadas, las necesidades energéticas para el mantenimiento de las condiciones de confort y calidad de los servicios de:

- Calefacción.

- Refrigeración.
- Ventilación.
- Producción de agua caliente sanitaria.
- Iluminación (en caso de edificios no residenciales).

Se emplean indicadores principales y complementarios. Los principales son las emisiones anuales de dióxido de carbono equivalentes y el consumo anual de energía primaria no renovable. Como secundarios se emplean los dos indicadores principales desagregados por servicios además de las demandas de energía anuales de calefacción y refrigeración (IDAE, 2015).

3.2.8. Estado de la adopción de medidas para el desarrollo de los nZEB

Como se ha indicado en el apartado dedicado a la Directiva 2010/31, a partir de finales de 2018 los nZEB comenzarán a ser obligatorios en edificios de nueva planta, primero para los edificios públicos y, a finales de 2020, para todos los edificios nuevos. Si bien la normativa es clara al respecto, se ha permitido que los diferentes países determinen los niveles de eficiencia que un nZEB deberá tener en cada territorio para poder ser considerado como tal, a fin de adaptarse a las diferentes particularidades climáticas y tecnologías constructivas de cada territorio.

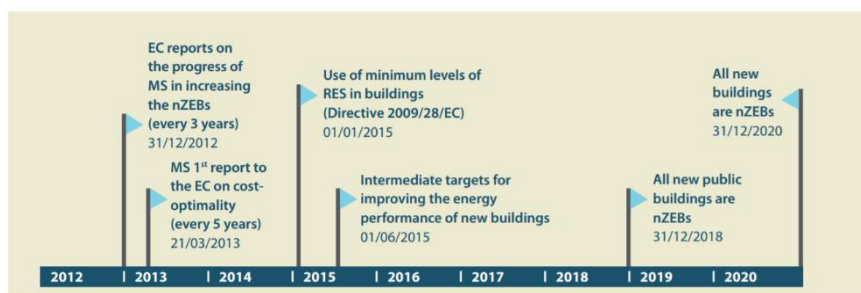


Figura 3.3. Línea temporal para la adopción del nZEB en Europa. Fuente BPIE

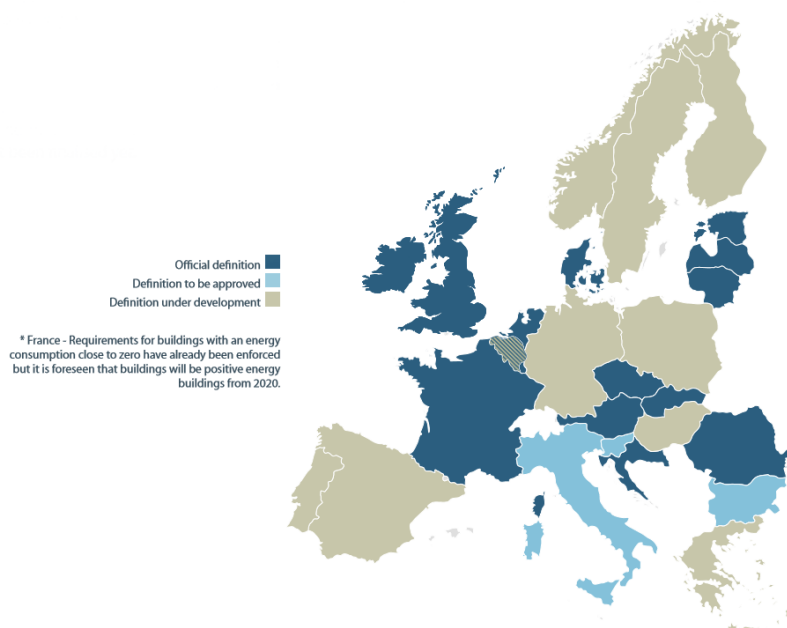


Figura 3.4. Estado actual de las definiciones de nZEB en Europa. Fuente BPIE

Country	Status of the definition	Main reference(s)	Year of enforcement		nZEB definition for new buildings						nZEB definition for existing buildings		
			Public	Non-public	EPBD scope of nZEB definition [1]	Numerical indicator	Maximum primary energy (kWh/m ² y)		Share of renewable energy	Other indicators	Status of the definition	Maximum primary energy (kWh/m ² y)	
							Residential buildings	Non-residential buildings				Residential buildings	Non-residential buildings
Italy	Still to be approved (under publication)	Draft of the new EPBD decree	1/01/2019	1/01/2021	✓	Still to be approved	Included in the upcoming updated version of the National nZEB Plan [2,3]		Quantitative	EP, TS	✓ As for new buildings	Included in the upcoming updated version of the National nZEB Plan [2,3]	
Latvia	✓	Regulation 383/2013	1/01/2019	1/01/2021	✓	✓	95	95	✓ Quantitative	EP	✓ As for new buildings	95	95
Lithuania	✓	Regulation STR 2.01.09.2012	1/01/2019	1/01/2021	✓	✓	Included in the calculation; building needs to comply with class A++		✓ Quantitative	EP	✓ As for new buildings	Included in the calculation; building needs to comply with class A++	
Luxembourg	✓ Details to be fixed	National nZEB Plan	1/01/2019	1/01/2021	✗ [6]	✓	Included in the calculation; building needs to comply with class A-A-A		✓ Qualitative	EP, CO ₂	ND		
Malta	Under development	National nZEB Plan	1/01/2019	1/01/2021	✓	Current values to be revised	40	60	Qualitative	EP	ND		
Netherlands	✓	National nZEB Plan	1/01/2019	1/01/2021	✓	✓	Included in the calculation; building needs to comply with energy performance coefficient = 0		✗	EP	ND		
Norway	Under development	Presentation by Research Centre on Zero Emission Buildings	1/01/2021	1/01/2021	✓	Under development			Minimum share in current requirements for all buildings	CO ₂ (main indicator), EP, TS	ND		
Poland	Under development	Consolidated report to EC	1/01/2019	1/01/2021	✓	Under development	60-75 [2]	45-70 [2]	✗		ND		
Portugal	Under development	Law 118/2013	1/01/2019	1/01/2021	✓	In current requirements for buildings			✗		ND		
Romania	✓	National nZEB Plan	1/01/2019	1/01/2021	✓	✓	93-217 [2,3]	50-192 [2,3]	✓ Quantitative	CO ₂	ND		
Slovakia	✓	Decree 364/2012	1/01/2019	1/01/2021	✗ [6]	✓	32-54 [2]	34-96 [2]	✓ Quantitative	EP	ND		
Slovenia	Still to be approved	Official Journal 17/14, National nZEB Plan	1/01/2019	1/01/2021	✓	Still to be approved	45-50 [2]	70	Under development	EP	Still to be approved	70-90 [2]	100
Spain	Under development	Decree 235/2013	1/01/2019	1/01/2021	✓	Under development	Included in the calculation; it is foreseen that buildings will need to comply with class A		Minimum share in current requirements for all buildings	CO ₂ (main indicator)	Under development		
Sweden	Under development	National nZEB Plan	1/01/2019	1/01/2021	✓	Under development	30-75 [2,3]	30-105 [2,3]	✗		ND		
UK (England)	✓ Details to be fixed	National nZEB Plan, presentation by Zero Carbon Hub	1/01/2018 (from 2016 for residential buildings) [9]	1/01/2019 (from 2016 for residential buildings) [9]	✓	✓	~ 44 [2]	ND	✓ Qualitative	CO ₂ (main indicator), EP, TS	ND		
							Included in the calculation; building will need to comply with carbon emissions = 0						

Figura 3.5. Descripción del estado actual de las definiciones de nZEB en diferentes países europeos. Fuente BPIE

En la Figura 3.3 puede observarse un resumen del calendario de publicación de las diferentes normativas que han afectado a la definición de los nZEB en Europa y en las Figura 3.4 y Figura 3.5 los países que ya han adoptado medidas encaminadas a adoptar las definiciones pertinentes.

Para el caso de España se indica que las definiciones de nZEB en edificios nuevos entrarán en vigor justo en el plazo indicado por la normativa y que la definición se encuentra en desarrollo. En junio de 2016 fue publicado un borrador de Real Decreto que contenía una actualización del RD 235/2013 (España, 2016), en la cual se modifica la disposición adicional del mismo para incorporar al ordenamiento jurídico español el calendario de implantación de los nZEB indicado por la Directiva 2010/31/UE:

1. A más tardar el 31 de diciembre de 2020, los edificios nuevos serán edificios de consumo de energía casi nulo.
2. Los edificios nuevos que vayan a estar ocupados y sean de titularidad pública, serán edificios de consumo de energía casi nulo a más tardar el 31 de diciembre de 2018.

Además, se indica que los requisitos mínimos exigidos para que un edificio sea considerado de consumo casi nulo, estarán determinados por la versión vigente en cada momento del Documento Básico de Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación, que como se ha indicado está previsto que sea modificado en 2018.

Es obligada la revisión del documento puesto que en la propia Directiva de Eficiencia Energética en Edificios se especifica que los requisitos mínimos a cumplir por los edificios en materia de eficiencia energética deben actualizarse de forma periódica y en vista del progreso técnico, además de ser necesaria la inclusión de la definición de nZEB, todo ello mediante un marco comparativo y una metodología de cálculo armonizados.

3.3. Definición de nZEB

Según la Directiva 2010/31/UE, un edificio de energía casi nulo es aquel que cuenta con un nivel de eficiencia energética muy alto en el cual las necesidades de energía casi nulas o muy bajas deben ser cubiertas, en su mayor parte, por energía procedente de fuentes renovables, producidas ya sea in situ o en el entorno.

En otras palabras, un nZEB es un edificio que empleando diferentes estrategias optimiza, técnica y económicamente la pirámide energética indicada en la Figura 3.6, mediante la utilización de una combinación de soluciones pasivas y activas. La pirámide representa de forma gráfica las exigencias presentes en el CTE HE 2013, siendo el objetivo final cumplir con el HE 0, la exigencia de limitación del consumo energético.

Para ello, en la base de la pirámide, se emplean técnicas de diseño pasivo con el objetivo de reducir las necesidades térmicas de calefacción y refrigeración, para el mantenimiento de las condiciones de confort en el interior del edificio, según lo indicado en el documento HE 1. Un segundo escalón de la pirámide se corresponde con el diseño de instalaciones con un elevado rendimiento energético, para la climatización y el ACS, según la HE 2 que remite al RITE, y para la iluminación según el HE 3. Finalmente, en la parte superior de la pirámide, se considera el aporte de energía renovable según lo indicado en los HE 4 y 5. Si bien estos documentos están referidos inicialmente a la generación de ACS y electricidad mediante instalaciones solares térmicas y fotovoltaicas respectivamente, la propia normativa permite la sustitución de estas tecnologías por otras renovables que generen una reducción en el consumo de energía de origen no renovable (fósil) equivalente (Bribián, 2007; Montoro, 2016; Rey & Velasco, 2006).

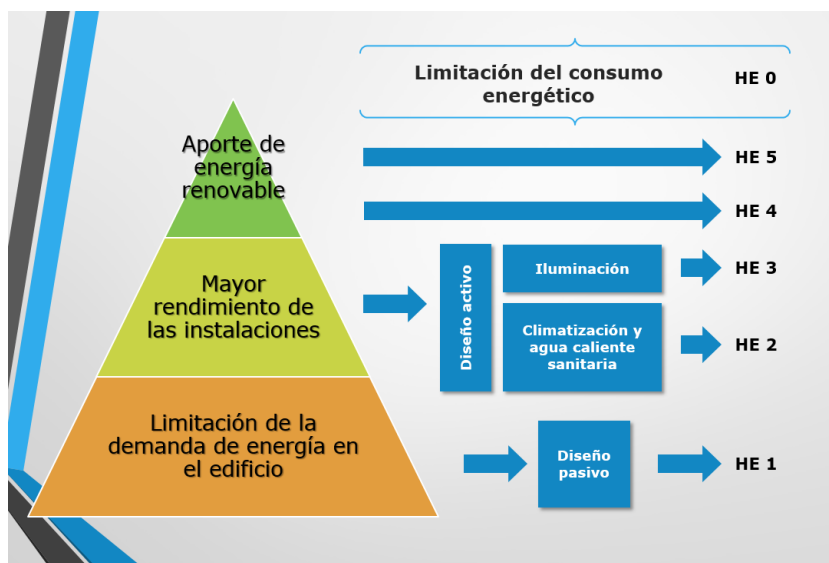


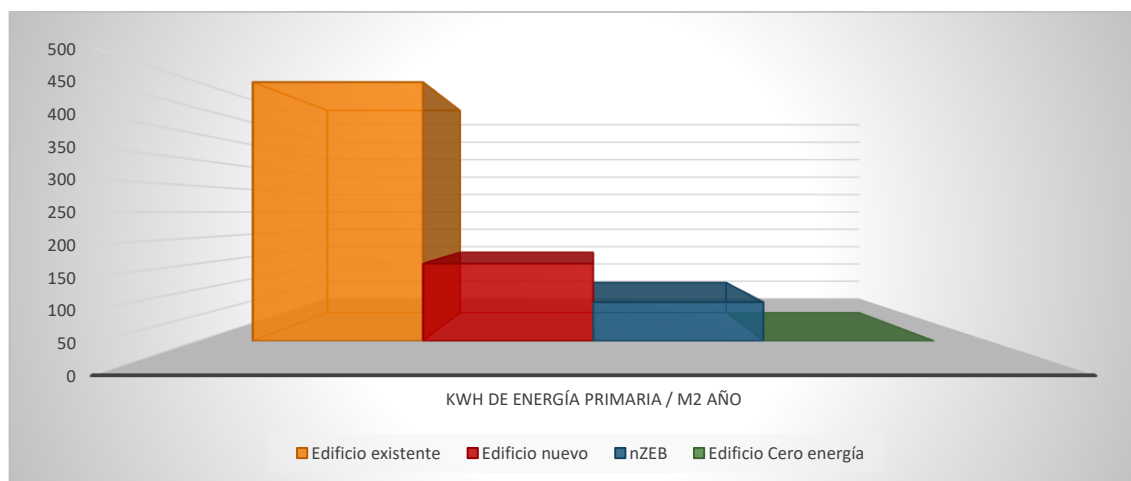
Figura 3.6. "Pirámide energética". Exigencias del CTE DB HE.

En general, la optimización de estas categorías o escalones de la pirámide: limitación de la demanda de energía térmica para la climatización, el rendimiento de las instalaciones de acondicionamiento térmico, generación de agua caliente sanitaria y de iluminación y aporte de energías renovables, conducen al diseño de edificios que alcanzan niveles de eficiencia energética muy elevados, demandando de este modo una cantidad nula de energía o al menos mínima, cubriendo esas necesidades a partir del aporte de energías renovables generadas in situ o en el entorno del edificio en la medida de lo posible (Marszal & Heiselberg, 2009a, 2009c; Torcellini, Pless, & Deru, 2006), cumpliendo por lo tanto con la definición de la Directiva acerca del nZEB.



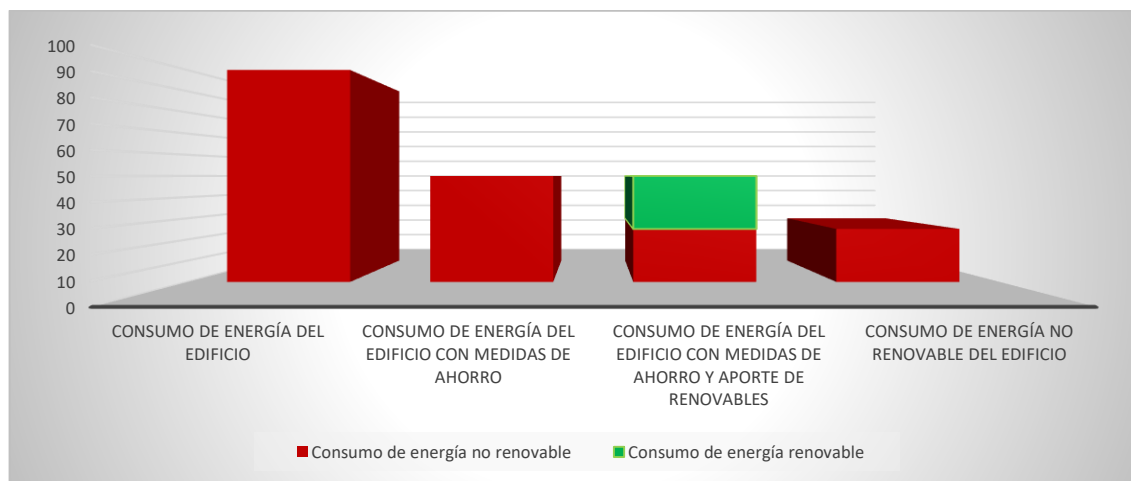
Según los estudios realizados en la Tesis Doctoral y en los trabajos previos que han desembocado en esta, un edificio nZEB puede reducir el consumo energético con respecto a un edificio sin ninguna medida de eficiencia energética en dos órdenes de magnitud.

Gráfico 3.1. Consumo energético de diferentes tipos de edificios



En el Gráfico 3.2 se observa cómo puede reducirse el consumo energético de un edificio mediante la aplicación combinada de medidas de minoración de la demanda energética y la generación de energía a partir de fuentes renovables que cubran una fracción del consumo resultante, repercutiendo en niveles reducidos de consumo de energías no renovables.

Gráfico 3.2. Estrategia de reducción del consumo de energía de un edificio



Puede entenderse mejor el concepto un edificio de consumo casi nulo analizando la siguiente ecuación:

$$\text{NZEB} = \text{Generación} - \frac{\text{Demanda energética}}{\eta_{\text{sistema}}}$$

Figura 3.7. Ecuación del balance de un nZEB

La ecuación muestra de forma esquemática el balance de energía en un edificio. Para obtener un nZEB es necesario que el resultado del balance sea un valor positivo, nulo o, al

menos, en caso de ser negativo lo más cercano posible a cero. Para conseguirlo, se puede observar que el primer término de la ecuación “generación de energía renovable” debe ser lo mayor posible. El segundo término “consumo energético” está definido por una relación entre la demanda de energía del edificio y el rendimiento de las instalaciones que cubren la demanda. De este modo, para conseguir un valor de consumo energético bajo es necesario disminuir la demanda y, simultáneamente, aumentar el rendimiento de los equipos que la cubren.

Se aplica la ecuación a diferentes casos en orden de una mejor exposición:

- Un edificio sin medidas de eficiencia energética obtendría en la ecuación un resultado negativo alto, teniendo un costoso consumo de energía, al no generar energía renovable en el primer término y ser el segundo término elevado al contar con una demanda de energía alta y unos rendimientos en las instalaciones bajos.
- Un edificio nZEB en el segundo término presentará un valor bajo al contar con una demanda energética reducida y unos rendimientos de instalaciones elevados. En función de la cantidad de energía renovable que genere en el primer término se acercará en mayor o menor medida a un balance de energía nulo.
- Un edificio cero equilibra el balance resultando un valor neto de cero.
- Un edificio de energía positiva, genera en el primer término más energía de la que consume en el segundo siendo el balance final positivo y pudiendo verter la energía sobrante a la red actuando como una central generadora de energía (Sartori, Napolitano, & Voss, 2012).

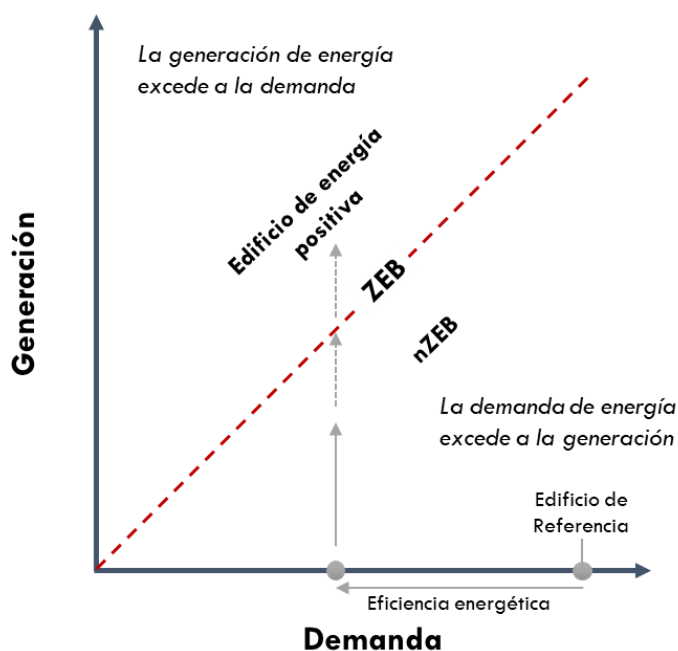


Figura 3.8. Tipologías de nZEB

La explicación al balance energético del edificio puede observarse también gráficamente en la Figura 3.8. Según (Zeiler, Gvozdenović, de Bont, & Maassen, 2016) en el eje de abscisas se representa la demanda del edificio y en el de ordenadas la generación de energía renovable, marcando la bisectriz del primer cuadrante las posibles combinaciones para la obtención de un edificio de balance cero. Si se parte de un edificio de referencia (reference building) sería necesario aplicarle una serie de medidas de eficiencia energética para reducir su demanda (efficiency path), en ese punto el corte con la bisectriz marca en



el eje de ordenadas el valor mínimo de generación de energía renovable para la obtención de un nZEB, un valor mayor en la generación de energía renovable significaría la obtención de un edificio de energía positiva (Net plus energy building).

La aparición de los nZEBs e incluso de edificios de energía positiva implicará la adopción de una serie de cambios. Ya en 2012 a partir de la publicación de la Directiva 2012/27/UE se preveía que en un futuro será necesario cambiar la escala de calificación energética añadiendo los valores A+ o A++ para caracterizar los edificios más eficientes, realizar una mayor promoción de los nZEBs, así como una definición de los criterios mínimos para distintos usos y zonas, etc. (Grupo de Trabajo de Conama 2012 Eficiencia energética en Edificios, 2012), como ya se ha indicado en el apartado de normativas.

Especialmente interesantes son los aspectos relacionados con el proceso de diseño donde proyectar y construir los nZEB supondrá una revolución y requerirá de la participación de equipos multidisciplinares colaborando en todas las fases de creación del edificio (ingenieros, arquitectos, urbanistas, etc.).

Será necesario aplicar los principios de la pirámide energética descrita, incidiendo en la necesidad de un mayor uso de los sistemas pasivos en edificios (sistemas de protección solar regulables, ventilación natural, etc.), unas instalaciones de mayor eficiencia (aunque de un menor peso relativo en la instalación al reducirse enormemente la potencia instalada a causa de las medidas pasivas) y, finalmente, el reducido consumo final, será cubierto en parte por las renovables, destacando especialmente la posibilidad de aprovechar las fuentes renovables en las instalaciones térmicas, como la biomasa, la geotérmica, la solar, etc.

A modo de resumen, como puede observarse en la Figura 3.9 la estrategia para la obtención de un nZEB requiere de la utilización de una combinación óptima entre las tecnologías renovables como son la energía solar fotovoltaica, la solar térmica, la geotérmica, etc., junto con el uso de sistemas de construcción eficientes que limiten la demanda térmica para la climatización. Es una combinación de sistemas activos (instalaciones) y pasivos (orientación óptima, mejora de la envolvente, minimización de puentes térmicos, etc.).

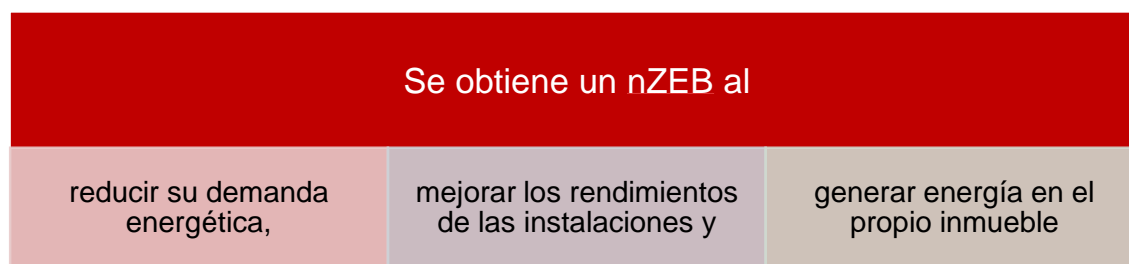


Figura 3.9. Estrategia para la obtención de un nZEB

3.3.1. Tipologías de nZEB

Existen diferentes clasificaciones para catalogar los nZEB en función de cómo se realiza el balance de energía, publicándose numerosa bibliografía abordando el tema (Marszal & Heiselberg, 2009b; Pless & Torcellini, 2010; Srinivasan, Braham, Campbell, & Curcija, 2012; Torcellini, Pless, Deru, & Crawley, 2006). Los principales criterios de clasificación se refieren a su interconexión con las redes de distribución, a las métricas con las que se realizan los balances, a la generación de la energía renovable y a su nivel de ambición.

En (Salom, Cubí, & Sartori, 2012; Sartori et al., 2012) se recoge una exhaustiva clasificación de las tipologías de nZEB:

- Delimitación del sistema edificio.
 - Límites físicos, en función del conjunto al que se aplica la definición, uno o varios edificios, viviendas en bloque, adosados, etc.
 - Nivel de ambición, en función de los usos del edificio considerados en el balance, como la climatización, ventilación, ACS, iluminación, equipos, electrodomésticos, recarga de vehículos eléctricos, etc. En el nivel de ambición también se considera si se analiza el ciclo de vida completo del edificio.
 - Condiciones de contorno, en función de si se consideran las diferentes variables que condicionan el comportamiento energético del edificio, tipología e intensidad del uso, condiciones de confort requeridas, clima, etc.
- Sistema de ponderación.
 - Métrica, en función del balance empleado, si se realiza con la energía final, la energía primaria o las emisiones de CO₂.
 - Simetría, en función de los factores de ponderación empleados en la energía importada y exportada para considerar sus emisiones de CO₂.
 - Dependencia temporal, en función de considerar variaciones temporales en los factores de conversión.
- Balance energético.
 - Período temporal del balance, en función del periodo elegido para el cálculo del balance, normalmente un año.
 - Tipo de balance, en función de los flujos energéticos que se consideran en el balance.
 - Eficiencia energética, en función de los requisitos mínimos aplicados.
 - Generación renovable, en función de la forma y tipo, jerarquizando las diferentes energías renovables por sus factores de emisión, lugar de generación, etc.
- Características temporales.
 - Acoplamiento de la demanda, en función de la existencia de un acoplamiento entre la generación renovable y el consumo.
 - Interacción con las redes energéticas, en función de la existencia de un intercambio de energía con las redes.
- Medida y verificación.
 - Referida a los niveles de exigencia del cumplimiento de los requisitos mínimos de los nZEB.

A continuación, se amplían algunos de los criterios.

3.3.1.1. nZEB en función de su conexión a la red

Dependiendo de la necesidad de una conexión con las redes de distribución de energía para el abastecimiento energético del edificio se pueden encontrar edificios nZEB de dos tipos:

- Edificios sin conexión con las redes de distribución, edificios aislados.
- Edificios conectados a las redes de distribución, en inglés NET ZEB.

Ambas tipologías de edificios presentan ventajas e inconvenientes, un edificio conectado a la red tiene la posibilidad de realizar intercambios de energía con esta, lo cual implica que se elimina la necesidad de baterías, circunstancia que puede suponer la mitad del coste de un sistema de autoconsumo de energía eléctrica. El problema para la implantación de un edificio de este tipo radica en la legislación española donde con iniciativas como el Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía



eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo (España, 2015) o la no aprobación de una normativa de balance neto, como existe en multitud de países, lastran el desarrollo de este tipo de edificios.

En España llegó a existir un borrador en 2012 de una normativa de balance neto con periodos de balance de un año que permitían la realización de instalaciones en las que a partir del primer año de funcionamiento se eliminaban los costes variables de la factura por las compensaciones en los saldos (Fernández & Horrillo, 2012). La aprobación de una normativa equivalente supondría un impulso importante al desarrollo de los edificios nZEB conectados a la red.

3.3.1.2. nZEB en función de sus métricas

En función de la métrica empleada en el balance de energía del edificio se pueden encontrar diferentes variantes para un edificio nZEB. Las principales son:

- Balance en el emplazamiento (net-zero site energy).
- Balance en la fuente energética (net-zero source energy).
- Balance de coste energético (net-zero energy costs).
- Balance de emisiones (net-zero energy emissions).

3.3.1.3. nZEB en función de su fuente de generación de energía

Existe una clasificación acerca de las posibilidades de generación de energía en los nZEB, en la que se prima la generación in situ de la misma:

- Opción 0. Edificio pasivo o de baja energía.
- Opción 1. Generación de energía renovable in situ (por ejemplo, mediante paneles solares fotovoltaicos o térmicos en cubierta).
- Opción 2. Energía renovable generada fuera del edificio usada en el edificio (por ejemplo, energía eléctrica generada en una central termosolar).
- Opción 3. Energía renovable disponible fuera del edificio utilizada para generar energía en el edificio (por ejemplo, el uso de pellets o biocombustibles en calderas).
- Opción 4. Compra de energía renovable generada fuera del edificio (por ejemplo, la contratación de un suministro eléctrico producido solo a partir de energías renovables).

3.3.1.4. nZEB en función de su nivel de ambición

En (Houlihan Wiberg et al., 2014), se muestran los diferentes niveles de ambición que puede abarcar la definición de un nZEB, distinguiéndose cuatro.

El nivel de ambición más alto es el ZEB-COM donde se busca el diseño de un edificio con unas emisiones nulas considerándose los periodos de construcción, operación y las emisiones incorporadas incluyendo incluso la demolición. Existen dos niveles intermedios ZEB-O y ZEB-OM y el más bajo es el ZEB-O-EQ, que es precisamente el más parecido al asumido por la Unión Europea. En este nivel se pretende conseguir un edificio de emisiones cero para su fase de operación, pero no considerando las emisiones del uso de la energía en electrodomésticos y otros equipos.

3.3.2. nZEB recomendado por la Unión Europea

A partir de la aparición de la Recomendación 2016/1318 de la Comisión Europea (Europa, 2016) en junio de 2016, se han clarificado diferentes aspectos en lo referente a las definiciones de los nZEB.

La eficiencia energética de un edificio se define como *“la cantidad de energía calculada o medida que se necesita para satisfacer la demanda de energía asociada a un uso normal del edificio, que incluirá, entre otras cosas, la energía consumida en la calefacción, la refrigeración, la ventilación, el calentamiento del agua y la iluminación”*.

En lo referente al cálculo de los valores de eficiencia energética recomienda *“determinar el uso anual total de energía en energía primaria neta, lo que corresponde a la utilización de energía para calefacción, refrigeración, ventilación, agua caliente y luz”*.

Se indica que la tecnología existente es suficiente, no siendo necesario ningún salto cualitativo en el estado actual de la misma para conseguir el diseño de los nZEBs. La recomendación presenta unos valores de referencia con respecto a las necesidades energéticas del edificio a modo de punto de partida para la obtención de un nZEB. En otras palabras, la obtención de un valor mínimo en la demanda energética de calefacción y refrigeración es una condición sine qua non para que una fracción significativa de esta demanda sea cubierta por energías renovables generadas in situ y por tanto poder alcanzar un consumo de energía primaria casi nulo.

Se recogen a continuación los valores límite para para la zona climática de la Unión Europea denominada mediterránea (Zona 1), que incluye Catania, Atenas, Larnaca, Luga, Sevilla, Palermo, etc., donde se ubican los edificios considerados en la Tesis Doctoral.

- Oficinas: 20-30 kWh/(m²/año) de energía primaria neta, con, normalmente, un uso de energía primaria de 80-90 kWh/(m²/año) cubierto por 60 kWh/(m²/año) procedentes de fuentes renovables in situ.
- Vivienda unifamiliar nueva: 0-15 kWh/(m²/año) de energía primaria neta, con, normalmente, un uso de energía primaria de 50-65 kWh/(m²/año) cubierto por 50 kWh/(m²/año) procedentes de fuentes renovables in situ.

3.3.3. Estándares

Existen en la actualidad diferentes tipos de estándares a alcanzar equivalentes a la definición de nZEB descrita. Algunos de los más importantes son el standard BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology), el LEED (Leadership in Energy & Environmental Design) o el Passivhaus. Este último comienza a gozar de cierta popularidad en España, con él se pretenden conseguir los llamados *“edificios pasivos”*. Es original de Alemania y por su procedencia, se trata de un estándar que propone edificios muy bien diseñados de cara a las temperaturas frías de invierno, pero no especialmente optimizados para el clima mediterráneo o cualquier clima templado que requiera de equipos de calefacción y de refrigeración en función de la época del año (Mihai, Tanasiev, Dinca, Badea, & Vidu, 2017; Passivhaus Institut, 2017).

En general los primeros esfuerzos referidos a alcanzar los nZEB, ya sea desde el punto de vista normativo o a partir de estándares voluntarios, fueron realizados para climas fríos, pero esta tendencia inicial ya ha sido superada existiendo multitud de estudios realizados para todo tipo de condiciones climáticas y diferentes estándares (Barbolini, Cappellacci, & Guardigli, 2017; Fokaides, Christoforou, Ilic, & Papadopoulos, 2016; Garrido-Soriano, Rosas-Casals, Ivancic, & Álvarez-Del Castillo, 2012; Guillén-Lambea, Rodríguez-Soria, & Marín, 2016; Tsoutsos, Tournaki, Santos, & Vercellotti, 2013).

Algunos de los estándares voluntarios más empleados a nivel mundial son:



- El Leed, originario de Estados Unidos, que establece 4 niveles de certificación de los edificios, evaluados con su propia metodología, certificado, plata, oro y platino (U.S. Green Building Council, 2014, 2017).
- El Breeam, originario de Reino Unido, que utiliza diferentes sistemas y criterios de evaluación y certificación en función del tipo de edificio, fase de proyecto, etc. (Breeam, 2017).
- Passivhaus, originario de Alemania, uno de los más extendidos en España, y que se detalla a continuación.
- Verde, originario de España, que utiliza una aproximación multicriterio incluyendo la calidad o aspectos sociales, a lo largo de todo el ciclo de vida del edificio (M. Macías & García Navarro, 2010).

Un ejemplo claro de la obtención de un edificio con un reducido consumo de energía es el estándar Passivhaus. En la Figura 3.10 y Figura 3.11 pueden observarse ejemplos de viviendas Passivhaus extraídos de (Plataforma Passivhaus España, 2017):

Casa La Vega
Vega de Poja, Siero Principado de Asturias 2014

Diseño de la vivienda

Ficha técnica

Tipo de edificio

Tipología	Unifamiliar aislada
m ² útiles construidos	136
Tipo de construcción	Madera
Tipo de obra	Obra nueva
Certificación	Certificada

Gasto Energético

Test de presión	0.49 h ⁻¹
Demanda de calefacción anual	9.0 kWh/(m ² a)
Carga de calefacción	10.0 W/m ²
Demanda de refrigeración anual	0.0 kWh/(m ² a)
Carga de refrigeración	0.0 W/m ²
Demanda total de energía primaria	93.0

Aspectos Técnicos

Arquitecto	DuqueyZamora Arquitectos, CB
Consultor PH/Ingeniero	Iván González Duque
Promotor	
Constructor	Carpintería Zarabozo, S.L.
Instalador	Javier Abali
Precio de Ejecución Material	/m ²

Figura 3.10. Ejemplo de vivienda Passivhaus en Asturias. Fuente: Plataforma Passivhaus España

Casa 100x100madera
Guadolix de la sierra Comunidad de Madrid 2014

Días de puertas abiertas invierno 2015
Noviembre 2015. Domingo 15 de 11:30 a 13:30. Imprescindible inscripción previa en comercial@100x100madera.com

Ficha técnica

Tipo de edificio

Tipología	Unifamiliar aislada
m ² útiles construidos	103
Tipo de construcción	Madera
Tipo de obra	Obra nueva
Certificación	Certificada

Gasto Energético

Test de presión	0.55 h ⁻¹
Demanda de calefacción anual	11.7 kWh/(m ² a)
Carga de calefacción	13.0 W/m ²
Demanda de refrigeración anual	14.5 kWh/(m ² a)
Carga de refrigeración	12.0 W/m ²
Demanda total de energía primaria	108.0

Aspectos Técnicos

Arquitecto	BioArk Arquitectura Bioposiva/ Gorka Elorza Cristina Romero/Mrosa de la Iglesia
Consultor PH/Ingeniero	
Promotor	100x100madera
Constructor	Grupo Final, S.L.
Instalador	
Precio de Ejecución Material	100.00 €/m ²

Figura 3.11. Ejemplo de vivienda Passivhaus en Madrid. Fuente: Plataforma Passivhaus España

En una Casa Pasiva, el confort térmico se debe en su mayor parte al uso de las medidas pasivas enumeradas a continuación, no solamente aplicables en el ámbito residencial, sino también en edificios de otras tipologías.

- Niveles suficientes de aislamiento para minorar la demanda con especial cuidado en minimizar los puentes térmicos.
- En régimen de calefacción se deben aprovechar las ganancias solares pasivas y las fuentes internas de calor.
- Se debe conseguir un nivel de estanqueidad muy elevado.
- La calidad del aire interior deberá ser óptima, empleando ventilación mecánica con recuperación de calor.

Existen unos límites específicos para los diferentes criterios que garantizan el cumplimiento adecuado del estándar:

Tabla 3.1. Criterios de diseño del estándar Passivhaus. Fuente: Plataforma Passivhaus España

Criterio	Valores límite	
	Climas templados	Climas cálidos
Demanda de calefacción	< 15 kWh/m ² por año	< 15 kWh/m ² por año
Demanda de refrigeración	< 15 kWh/m ² por año	< 15 kWh/m ² por año
Carga de calor máxima	10 W/m ²	10 W/m ²
Demanda de energía primaria	120 kWh/m ² por año	120 kWh/m ² por año
Paredes, techo, suelo (valores de U)	< 0,15 W/m ² K	< 0,2 W/m ² K
Unidad de acristalamiento (instalada)	< 0,8 (< 0,85) W/m ² K	
Puertas	< 0,8 W/m ² K	
Infiltración de aire (ach ⁻¹)	< 0,6 a n ₅₀	< 0,6 a n ₅₀
Puentes térmicos (Ψ lineal)	< 0,01 W/mK	< 0,01 W/mK
Coeficiente MVHR (n _{RH})	> 0,75	> 0,75

3.4. Herramientas para el desarrollo de los nZEB

Se desarrollan a continuación algunas de las técnicas y disciplinas más destacadas que el estudio del estado del arte realizado considera indispensables para la realización de un nZEB.

3.4.1. Project management

Las técnicas de project management o gestión/dirección de proyectos están extensamente documentadas en la norma UNE-ISO 21500 (AENOR, 2013) y en publicaciones como la Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK) (Project Management Institute, 2008).

Esta disciplina es de aplicación a la construcción de edificios o infraestructuras, según la Guía del PMBOK considera que el proyecto es *“un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. La naturaleza temporal de los proyectos indica un principio y un final definidos. El final se alcanza cuando se logran los objetivos del proyecto o cuando se termina el proyecto porque sus objetivos no se cumplirán o no pueden ser cumplidos, o cuando ya no existe la necesidad que dio origen al proyecto”*.



La dirección de proyectos consiste en *“la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del mismo”*. Para ello se emplean una serie de técnicas contempladas por el citado documento, la norma UNE-ISO 21500 y otras publicaciones de prestigio (Burke, 2013; Kerzner, 2013; Padilla, 2016; Turner, 2014; Walker, 2015).

La utilización de las técnicas empleadas en el project management pueden minimizar los riesgos derivados de la realización de cualquier proyecto y especialmente tratándose de la realización de edificios nZEB, que al utilizar nuevas tecnologías y técnicas constructivas son más propensos a la aparición de problemas, aumentando de este modo las posibilidades del éxito final del proyecto (Fregonara, 2017; Kurnitski, 2013; Montero Vento, 2016).

En la realización de la presente Tesis Doctoral se han empleado diferentes técnicas del project management, tanto a la propia metodología desarrollada como a la realización de la investigación. Las técnicas utilizadas han sido la gestión de procesos, el desglose de las tareas de los mismos mediante el empleo de estructuras de desglose de trabajo, la gestión de la comunicación, así como de la documentación, etc.

3.4.2. IPD

Para poder obtener un nZEB es fundamental la utilización del Proceso de Diseño Integrado o IPD, Integrated Process Design por sus siglas en inglés (IEA, 2013; Larsson & Poel, 2009; Löhnert, Dalkowski, & Sutter, 2003), en el que se han basado diferentes aspectos de la metodología presentada en la Tesis. Se trata de un procedimiento de diseño creado por la Agencia Internacional de la Energía y está basado en la optimización del edificio como un sistema integral considerando para ello toda su vida útil. Para su realización es necesaria la colaboración interdisciplinar de diferentes profesionales en todas las fases del proyecto, desde el inicio del proceso de diseño hasta el fin de la construcción, continuando incluso en la operación del edificio y la demolición del mismo (Keeler & Vaidya, 2016; Kibert, 2016; Singaravel & Geyer, 2016; Zimmerman, 2006).

3.4.3. BIM

El uso de los programas BIM es ideal para el diseño de edificios nZEB. BIM son las siglas de Building Information Modeling en inglés y es conocido en español como modelado de información de la construcción. Es un sistema de diseño y gestión, en el que se basan programas como Revit, Allplan, Archicad, etc. (Autodesk, 2017; Graphisoft, 2017; Nemetschek, 2017). Permite al usuario diseñar en 2D, a través de diferentes niveles, y 3D simultáneamente, estableciendo relaciones paramétricas entre los elementos compuestos por familias, generando una maqueta virtual o modelado del edificio objeto. Su principal avance con respecto a los tradicionales sistemas CAD radica en que el modelo diseñado puede contener numerosa información del edificio, como características técnicas de los elementos (peso, densidad, resistencia, transmitancia, factores solares, etc.), precios y medición de todos los componentes y materiales del edificio, fase de construcción, requerimientos de mantenimiento, etc.

Mediante el uso de BIM es posible abarcar el ciclo total de vida del edificio, combinando capacidades de diseño arquitectónico, estructural y de diferentes tipos de instalaciones aunadas a herramientas de gestión, que permiten obtener la información completa del mismo, desde su fase de diseño, pasando por su construcción, reformas, rehabilitaciones, etc., hasta incluso su demolición, contabilizando parámetros como el coste, las cantidades

de material, mano de obra o la emisiones de carbono imputadas (Crespo & Ruschel, 2007; García-Erviti, Armengot-Paradinas, & Ramírez-Pacheco, 2015; Ruiz & Martín, 2012).

Los sistemas BIM están alcanzando un auge importante, comenzando a ser indispensables por sus ventajas y también por exigencias normativas (Europa, 2014). En el ámbito del análisis energético de edificios su empleo es habitual y gran parte de los más recientes estudios realizados en referencia a la evaluación energética de edificios han sido realizados con herramientas BIM (S. G. Attia & De Herde, 2011; S. Attia, Hamdy, O'Brien, & Carlucci, 2013; Baranda & Sartori, 2014; Bravo Hidalgo & Pérez Guerra, 2016; Carvalho, Silva, & Mateus, 2016; Cemesova, Hopfe, & McLeod, 2015; Din & Brotas, 2016; Ganguly, Hajdukiewicz, Keane, & Goggins, 2016; Gerrish et al., 2017; Giordano, Serra, Demaria, & Duzel, 2017; Kuo, Hsieh, Guo, & Chan, 2016; Kurnitski, 2013; Salvalai, Malighetti, Luchini, & Girola, 2017; Silva, Almeida, Bragança, & Carvalho, 2015; Singaravel & Geyer, 2016; Soust-Verdaguer, Llatas, & García-Martínez, 2016; Wiberg et al., 2015).

En la Tesis Doctoral todos los modelos empleados han sido realizados en BIM mediante programas como Revit, Cypecad MEP e IFC Builder, siendo intercambiados entre los diferentes programas mediante archivos de intercambio IFC.

3.4.4. Soluciones para la consecución de los nZEB

A lo largo de los años se han realizado multitud de estudios y construido infinidad de edificios en los que en menor o mayor medida se han aplicado técnicas de eficiencia para mejorar su desempeño energético. A partir de esta experiencia en la actualidad se conocen multitud de técnicas mediante las que mejorar este desempeño.

Algunas técnicas para incrementar la eficiencia energética de un edificio consisten en la utilización por separado o combinadas de las soluciones siguientes recogidas en diferentes estudios (Alanne & Cao, 2016; Alemu, Saman, & Belusko, 2012; Ascione, Bianco, De Masi, & Vanoli, 2013; Baranda & Sartori, 2014; Budaiwi & Abdou, 2013; Campano Laborda, 2015; Cornaro, Basciano, Puggioni, & Pierro, 2017; Dalla Mora, Cappelletti, Peron, Romagnoni, & Bauman, 2015; Debbarma, Sudhakar, & Baredar, 2016; Esbensen & Korsgaard, 1977; Karlsson, Wadsö, & Öberg, 2013; Kazmi, D'Oca, Delmastro, Lodeweyckx, & Corgnati, 2016; J. Kim, Kim, & Kim, 2015; Molina Huelva & Fernández Ans, 2013; Moran, Goggins, & Hajdukiewicz, 2017; Osterman, Tyagi, Butala, Rahim, & Stritih, 2012; Özahi, Abuşoğlu, Kutlar, & Dağci, 2017; Ozel, 2012; Pérez-Pujazón Millán, 2015; Pikas, Kurnitski, Thalfeldt, & Koskela, 2017; Polo López, 2015; Raman, Anoma, Zhu, Rephaeli, & Fan, 2014; Renau et al., 2014; Romero Rodríguez, Duminil, Sánchez Ramos, & Eicker, 2017; Salata et al., 2017; Samani, Leal, Mendes, & Correia, 2016; Somogyi, Sebestyén, & Nagy, 2016; Valbuena García & González Díaz, 2014; Wang & Song, 2012; Xingjuan, Bojie, Qingyuan, & Chunxin, 2013; Zach, Korjenic, Petránek, Hroudová, & Bednar, 2012).

- Sistemas solares fotovoltaicos para la generación de energía eléctrica.
- Sistemas solares térmicos para la generación de energía térmica.
- Sistemas geotérmicos como los intercambiadores aire/agua-tierra o las bombas de calor geotérmicas.
- Bombas de calor aerotérmicas.
- Energía solar para la generación de frío mediante ciclos de absorción (Frío solar).
- Microgeneración para la generación de energía eléctrica y térmica.
- Utilización del hidrogeno como vector energético.
- Uso de aislantes avanzados o naturales.
- Reducción de los puentes térmicos.



- Uso de fachadas y cubiertas ventiladas.
- Uso de muros de inercia, con aislamiento por el exterior o Trombe.
- Uso de envolventes tradicionales de piedra y paja.
- Uso de cerramientos vegetales.
- Implementación en los edificios de acristalamientos activos con agua circulante para la reducción de la demanda.
- Utilización de sistemas VRV.
- Utilización de free cooling y recuperadores de calor.
- Utilización de sistemas radiantes.
- Utilización de instalaciones de iluminación eficientes.
- Utilización de técnicas de climatización pasiva, etc.





4. Metodología de diseño





4.1. Introducción a la metodología de diseño

La metodología de diseño y análisis de soluciones de eficiencia energética para la consecución de nZEBs creada en la presente Tesis Doctoral y sus fases de aplicación se muestran en este capítulo. Para ello, en primer lugar, se describe someramente su funcionamiento, indicando los condicionantes impuestos que cumple para garantizar la veracidad de los resultados obtenidos. Posteriormente se enuncian sus fundamentos de cálculo y software informático necesarios para su ejecución. Finalmente se exponen los modelos de edificios sobre los que se ha desarrollado y testado la metodología y las categorías de simulación consideradas.

4.2. Metodología de diseño

La metodología presentada tiene como principal objetivo el diseño de edificios de consumo casi nulo independiente de las condiciones climáticas y de la tipología. Para ello se fundamenta en la combinación de soluciones, estudiadas mediante la simulación energética de modelos BIM de edificios, sobre las que se evalúan los consumos energéticos en diferentes escenarios.

Las soluciones finales a los escenarios se basan en la aplicación combinada de la más moderna tecnología y, al mismo tiempo, técnicas utilizadas en la arquitectura tradicional. De este modo se ha obtenido una metodología de diseño robusta que puede ser aplicada en diferentes situaciones.



Figura 4.1. Esquema descriptivo de la metodología

La metodología desarrollada se fundamenta, entre otras fuentes, en la utilización de técnicas de Project Management y está basada en la aplicación del IPD. Contempla en sus análisis variables como: geometría del edificio, condiciones interiores de confort térmico, inercia térmica, orientación, estanqueidad y transmitancia térmica en la envolvente, estanqueidad, transmitancia térmica y factor solar de los huecos translucidos, ganancia solar, elementos de sombreado y utilización de equipos hyperinverter, geotérmicos, aerotérmicos y de volumen de refrigerante variable. Así como la generación de energía en el edificio a partir de solar térmica, solar fotovoltaica y biomasa.

La metodología concibe el diseño de un nZEB a lo largo de cuatro fases, ALFA, BETA, GAMMA y DELTA.

- A lo largo de las fases ALFA y BETA de la metodología, se obtiene un diseño de edificio pasivo, en otras palabras, un edificio con una demanda de energía muy reducida para su climatización. La fase ALFA se divide en diferentes categorías de elementos (orientación, fachadas, tabiques, ventanas, etc.) que pueden afectar a la demanda energética del edificio. En cada categoría se realizan simulaciones mediante la variación de los parámetros que determinan la demanda (transmitancia de un muro, factor solar de un vidrio, rendimiento de los equipos de recuperación de calor en la ventilación, etc.) obteniendo una curva de resultados, siempre sobre la misma línea base de demanda, que es analizada para obtener la solución final de la categoría que se emplea en la siguiente fase.
- En la fase BETA se realiza una combinación de las diferentes soluciones obtenidas en la fase ALFA. Se parte del modelo inicial y se van incorporando consecutivamente las soluciones de las distintas categorías, en función del resultado obtenido una vez incorporada la solución, esta se mantiene o se desecha. Al final de la combinación se logra un resultado que es necesario refinar, tras ello se obtiene el modelo final pasivo o modelo inicial para la fase GAMMA.
- Las fases GAMMA y DELTA son las correspondientes a las soluciones activas y al completarlas el resultado es un nZEB. En la denominada fase GAMMA, la primera referida a soluciones activas, partiendo del modelo de edificio pasivo se simula su comportamiento energético con diferentes instalaciones de climatización y agua caliente sanitaria, ACS, determinándose en cada caso el consumo anual de energía primaria no renovable del edificio.
- En la fase DELTA se plantean tres escenarios en los que se combinan soluciones de consumo energético reducido de la fase GAMMA con instalaciones generadoras de energía eléctrica y térmica de origen renovable.

Es importante destacar que la metodología se apoya en la aplicación de un proceso iterativo sobre un edificio, de una forma similar a como los métodos iterativos para sistemas de ecuaciones buscan resolver el problema matemático mediante aproximaciones sucesivas a la solución partiendo de una estimación inicial.

En la metodología desarrollada en la Tesis, partiendo de una situación inicial, un edificio sin ninguna medida de eficiencia energética y, por consiguiente, con unos consumos de energía muy elevados, se plantea como problema la obtención de un nZEB, es decir, un edificio con consumo de energía primaria no renovable ($C_{ep,nr}$) lo más parecido a cero posible. Sobre el modelo inicial se aplican diferentes mejoras en orden de aproximarse al consumo nulo, de forma sucesiva se aplica la solución elegida de cada una de las categorías, primero para reducir la demanda del edificio en la fase BETA y en la fase DELTA con el objeto de cubrir la demanda con el mínimo consumo posible de energía primaria no renovable.

Se considera en relación a la metodología desarrollada que, una vez empleada en el diseño y construcción de un edificio real, su implantación resultará analítica, sinérgica-holística y adaptativa.

- Es analítica, al basarse en el análisis detallado y el cálculo de diferentes variables que afectan al comportamiento energético del edificio. La componente analítica de la metodología es intrínseca a la misma, pues se basa en el análisis detallado de las diferentes pérdidas de energía que pueden producirse en un edificio mediante el empleo de modelos informáticos a fin de minimizarlas lo máximo posible. El análisis



debe ser suficientemente exhaustivo para garantizar un nivel de precisión aceptable, y así determinar los valores a emplear de cada categoría en la solución final del edificio. Aplicando la metodología es posible saber en qué categorías es beneficioso realizar un esfuerzo adicional y en qué nivel. Por ejemplo, como podrá observarse en el modelo 02+, aumentar el grado de aislamiento en los tabiques interiores no produce una reducción de la demanda de energía del edificio, por lo tanto (desde el punto de vista energético) no es necesario aumentar los niveles de aislamiento (puede serlo desde el punto de vista del aislamiento acústico). En cambio, para los tabiques en contacto con zonas no habitables si se produce este beneficio, actuando sobre ellos en la solución final. Sin un análisis detallado, dividido en las categorías que afectan a la demanda, y con el suficiente grado de rigor no sería posible la obtención de una solución lo suficientemente satisfactoria (Palme, 2010; Trebilcock, 2009).

- Sinérgica-holística, puesto que se requiere de la colaboración de diferentes disciplinas técnicas como la arquitectura, el project management, la ingeniería mecánica o la ingeniería eléctrica. La componente sinérgica de la metodología es debida a que, para ser llevada a cabo, requiere de la colaboración de profesionales de diferentes disciplinas y conocimientos técnicos. Es necesaria la participación de arquitectos para el diseño pasivo de los edificios, la fluidez y la distribución de los espacios, la orientación en las aberturas y los huecos translucidos, etc., de ingenieros para el diseño de las instalaciones de alta eficiencia y de generación de energías renovables, por ejemplo, de ingenieros mecánicos para el cálculo y dimensionado de instalaciones térmicas con altos valores de SCOP y SEER o de ingenieros eléctricos para la utilización de tecnologías renovables como el autoconsumo de energía eléctrica de origen fotovoltaico o eólico. Es necesario que contratistas e instaladores se acomoden a una exigencia elevada de calidad en la puesta en obra, puesto que los diseños de edificios nZEB sobre el papel deben trasladarse a la realidad, ejecutándose con niveles de control de calidad muy elevados para hacerse realidad, un caso claro es la estanqueidad al aire del inmueble que debe realizarse con especial cuidado y verificarse en diferentes fases de la obra para alcanzar los estándares de diseño adecuados. Por supuesto los trabajadores de la obra, oficiales, peones y la propia jefatura de obra deben trabajar de forma conjunta con la intención de alcanzar la excelencia en el desempeño energético del edificio (Sabaté & Peters, 2011).
- Y, por último, adaptativa, al adecuarse a la tipología del edificio a diseñar. La componente adaptativa de la metodología puede apreciarse en la Tesis Doctoral, al observar cómo, si bien, las categorías de simulación han permanecido sustancialmente constantes a lo largo de los diferentes modelos de cálculo, las simulaciones varían en gran medida de un modelo a otro. Las categorías base de la Tesis Doctoral son un gran punto de partida para la simulación de cualquier edificio, pero deberá ser ratificada su validez para cada nuevo modelo a abordar, adaptándolas en la medida que sea necesario. Acerca de las simulaciones en sí, estas deben ser acordes con la realidad constructiva de la ubicación geográfica del inmueble, así como con su uso proyectado. Se deben determinar las categorías finales de simulación (por ejemplo, los tipos de tecnología de climatización a utilizar en la fase GAMMA), las simulaciones a considerar (rendimientos de las máquinas previamente calculadas a emplear en las simulaciones, nivel de variación existente entre cada una de las simulaciones correlativas, etc.).

Indudablemente, como se ha indicado previamente, es necesario replantear el paradigma de cálculo y diseño de los edificios del futuro, en orden de obtener una evolución a un enfoque sinérgico-holístico, analítico y adaptativo, como el planteado en la metodología para buscar la excelencia en el edificio en relación con el gasto energético, el confort de los usuarios y el coste de edificación y operación.

4.3. Enfoque de la metodología de diseño

La metodología de diseño propone un enfoque diferente al que se ha empleado tradicionalmente en la construcción. Usualmente a la hora de afrontar el diseño del edificio se realizaban análisis individuales de los diferentes parámetros que podrían afectar a la demanda térmica del edificio, por ejemplo, analizando la demanda del edificio ante diferentes aislamientos en los muros. El problema es que, en muchos casos, dichos análisis se han realizado con herramientas de evaluación energética de limitadas capacidades, como LIDER o HULC, y sin un procedimiento sistemático de comparación con una línea base como el indicado en la Tesis.

Otro tipo de enfoque era realizar simulaciones individualizadas muy detalladas, como pueden ser las simulaciones de análisis numérico realizadas en muros, pero no se observaba su interacción con el resto del edificio. A pesar de resultar un enfoque correcto, si no se analiza en conjunto con el resto del edificio puede inducir a error. Para ejemplificar este fenómeno basta considerar que una reducción en la transmitancia térmica de un muro, según indica la ley de conducción de Fourier, producirá una reducción en el flujo de calor que atraviesa el mismo, pero como se demuestra en la Tesis Doctoral al ser el muro parte de un sistema más complejo (el edificio) y producirse otros flujos de transmisión de calor y actuar en diferentes regímenes de funcionamiento (invierno y verano), la demanda anual del inmueble puede aumentar.

Aunque en esencia un edificio puede considerarse como un producto, una definición más exacta del proceso de diseño y construcción sería la de prototipo. El enorme número de variables que pueden afectar al consumo de energía de una edificación (aislamiento, inercia térmica, rendimiento estacional, emisiones, sombras, calidad de huecos, etc.) hace que no puedan considerarse dos edificios iguales y sea necesario un análisis profundo a fin de determinarlo. A modo de ejemplo, una construcción no puede compararse con un electrodoméstico, que tiene una fabricación en cadena y que puede ser evaluado una vez finalizada su construcción mediante test de laboratorio, ensayos específicos, etc., para determinar que alcanza los parámetros de calidad antes de su entrega al cliente. Por este motivo la fase de diseño de un edificio cobra una importancia vital para la obtención de un ahorro energético suficiente (IDAE, 2015).

Por lo expuesto en este apartado en la metodología presentada en la Tesis Doctoral se plantea un análisis individualizado de los diferentes elementos que intervienen en la demanda energética, sin embargo, son simulados en conjunto con el resto del mismo, de este modo se puede observar cómo afecta la variación de cada parámetro al conjunto. Este enfoque permite observar por un lado la variación individual de las propiedades que afectan a la demanda energética de los edificios en conjunto con la interacción con los otros elementos creando de este modo un proceso de diseño más exacto de cara al desempeño energético.

4.4. Consideraciones de la metodología

La metodología emplea como indicadores dos índices que muestran el desempeño energético del edificio en función de la fase considerada. Para las fases ALFA y BETA se emplea la demanda energética anual para la climatización del edificio en condiciones normales a lo largo de un año, medida en kWh / (m²-año) según lo indicado por las exigencias del apartado 2.2.2.1 de la sección HE 1 del Documento Básico de Ahorro de Energía DB HE. Para las fases GAMMA y DELTA se emplea el consumo energético de energía primaria no renovable para la climatización y ACS (en condiciones normales) según lo indicado por las exigencias de los apartados 2.2.1 y 2.2.2 de la sección HE 0 del



Documento Básico de Ahorro de Energía DB HE. De este modo los modelos empleados en las simulaciones cumplen en los escenarios finales de la fase DELTA con las exigencias indicadas en el DB-HE.

Las solicitaciones exteriores se han adoptado a partir de los valores disponibles en los ficheros climáticos publicados del Código Técnico mediante los climas de referencia en formato MET para todas las zonas climáticas y los ficheros climáticos oficiales de EnergyPlus en formato EPW.

Los perfiles de uso empleados en los recintos de los edificios modelo se ajustan a los perfiles de uso normalizados de los edificios disponibles en el apéndice C de la sección HE 1 del DB HE, ajustándose en los edificios de uso terciario para reflejar adecuadamente su uso.

Los valores de las características térmicas de los diferentes materiales empleados en las simulaciones han sido obtenidos del Catálogo de Elementos Constructivos del CTE, de las fichas de características de los fabricantes de los materiales y del generador de precios de CYPE Ingenieros.

La metodología se ejemplifica a través de diferentes modelos en los que se parte de una simulación inicial, sobre la que se aplican las diferentes soluciones estudiadas. Un aspecto interesante de la metodología es plantear una comparación entre el estado inicial y final de la edificación, constatándose el importante ahorro de consumo producido en todos los casos simulados. En referencia a los modelos empleados para representar a los inmuebles, las condiciones iniciales de partida, como la carga interna debida a ocupación, iluminación, etc., afectan de igual manera al modelo inicial como al final, validándose de este modo el ahorro al permanecer constantes los parámetros en todas las simulaciones realizadas a los modelos. Es indudable que algunas de las cargas definidas puedan ser opinables al tratarse de estimaciones de los efectos térmicos que producen personas o instalaciones, pero no afectan, en ningún caso, al resultado final en los datos obtenidos por la presente Tesis Doctoral según lo indicado.

4.5. Software para la simulación energética de edificios

Se considera que la utilización de un programa de simulación con un motor de cálculo robusto, de precisión y con reconocido prestigio es fundamental a la hora de acometer el diseño de un nZEB. EnergyPlus o TRNSYS son buenos ejemplos de ello (Atam, 2017), además se encuentran en continuo desarrollo y son gratuitos.

Según lo indicado en el RD 235/2013 los métodos para la calificación energética de edificios, que no deja de ser una evaluación de las medidas de eficiencia incorporada en las edificaciones, son los siguientes:

- Una opción general de carácter prestacional mediante la utilización de un programa informático (solo se encuentra autorizado para realizar la calificación la herramienta unificada LIDER-CALENER). Se realiza el cálculo de manera directa y constituye el método de referencia con validez en todo el territorio nacional.
- Una opción simplificada de carácter prescriptivo y calculada de manera indirecta. Los procedimientos reconocidos se basan en la utilización de los programas informáticos Cerma, CE3 y CE3X.

Si bien dichos programas pueden emplearse para la determinación de los índices indicados en el apartado anterior, para la investigación se decidió la utilización de software propietario cedido por la compañía CYPE Ingenieros para la realización de la Tesis Doctoral. Se

emplearon los programas Cypecad MEP y Cypetherm Eplus, que utilizan como motor para sus cálculos energéticos la norma UNE 13790 y EnergyPlus respectivamente.

A pesar de que en España se cuenta con programas oficiales para la certificación energética de los edificios estos adolecen de numerosas limitaciones. Programas como HULC no están planteados como herramientas de diseño, sino como instrumentos para la verificación de la normativa en un edificio ya diseñado, y son notorias sus limitaciones debido al motor de cálculo en el que se basan ESTO 2, que debido a su antigüedad impide incorporar diferentes soluciones de alta tecnología y su rendimiento en ordenadores personales actuales es inferior al de otras alternativas, siendo más recomendable utilizar otras herramientas de simulación más modernas y desarrolladas (García de Frutos, 2014; Gavilán Casal, 2015; Manuel Macías et al., 2004).

Actualmente existen multitud de programas para el diseño de edificios mediante modelado paramétrico y estudio de sus necesidades energéticas (BEM, Building Energy Modeling) y otros más sencillos basados en la aplicación de expresiones algebraicas. Algunos de los más destacados son (García-Alvarado et al., 2014):

- Energy Plus.
- Ecotect / Vasari / Green Building Studio.
- Esp-R.
- Tas.
- Ies-Ve (Ve-Ware).
- Casanova.
- Heed.
- Designbuilder.
- Cypetherm.
- Archicad Ecodesigner.
- Trnsys.
- Phpp.
- Open Studio.
- Beopt.
- Design Advisor.
- ...

4.6. UNE-EN ISO 13790

La norma UNE-EN ISO 13790 (AENOR, 2011) está referida a la eficiencia energética de los edificios y en concreto al cálculo del consumo de energía para calefacción y refrigeración de espacios en su interior, sirviendo para evaluar la contribución de los productos de construcción y los servicios en la eficiencia total de los inmuebles. Proporciona una serie de métodos coherentes y de diferente nivel de detalle para el diseño, evaluación térmica y eficiencia energética de las instalaciones encargadas del aprovechamiento energético de los recintos calefactados y refrigerados, así como la influencia de las pérdidas térmicas.

La norma está especialmente indicada para:

- La valoración del cumplimiento de objetivos de energía de la normativa de eficiencia energética edificatoria como el CTE HE.
- Realizar comparaciones de la eficiencia energética entre diferentes soluciones para un mismo proyecto.



- Mostrar valores estandarizados de eficiencia energética en construcciones existentes, al mismo tiempo que se evalúan los posibles efectos de la aplicación de mejoras energéticas en los mismos.
- Determinar las futuras necesidades de recursos energéticos para un territorio mediante la simulación de edificios tipo.

En la Tesis Doctoral la Norma se ha empleado para la determinación de la demanda energética del edificio para invierno, verano y anualmente. Para la realización de los modelos 01 y 02 se han empleado simulaciones anuales en intervalos horarios de un modelo zonal del edificio mediante el software Cypecad MEP. De los métodos de evaluación energética descritos en la normativa se emplea, según lo indicado en la documentación y los listados de cálculo del software, un “procedimiento de cálculo empleado consiste en la simulación anual de un modelo zonal del edificio con acoplamiento térmico entre zonas, mediante el método completo simplificado en base horaria de tipo dinámico descrito en UNE-EN ISO 13790:2011, cuya implementación ha sido validada mediante los test descritos en la Norma EN 15265:2007 (Energy performance of buildings - Calculation of energy needs for space heating and cooling using dynamic methods - General criteria and validation procedures). Este procedimiento de cálculo utiliza un modelo equivalente de resistencia-capacitancia (R-C) de tres nodos en base horaria. Este modelo hace una distinción entre la temperatura del aire interior y la temperatura media radiante de las superficies interiores (revestimiento de la zona del edificio), permitiendo su uso en comprobaciones de confort térmico, y aumentando la exactitud de la consideración de las partes radiantes y convectivas de las ganancias solares, luminosas e internas”.

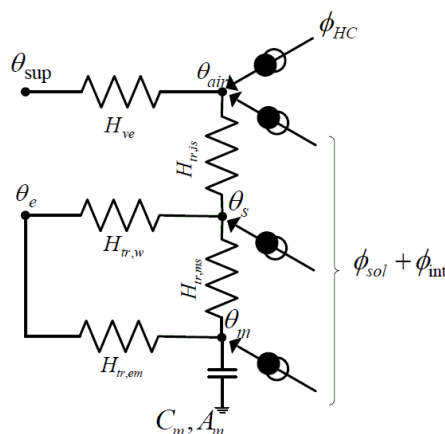


Figura 4.2. Esquema del proceso de cálculo empleado en las simulaciones de los modelos 01 y 02. Fuente CYPE Ingenieros

La utilización de la norma UNE-EN ISO 13790 se encuentra avalada internacionalmente por su utilización en multitud de estudios realizados (Barbolini et al., 2017; Cemesova et al., 2015; Di Giuseppe, Iannaccone, Telsoni, D’Orazio, & Di Perna, 2017; Galiano Garrigós, 2013; Gupta & Irving, 2013; McLeod, Hopfe, & Rezgui, 2012; Tsikaloudaki, Theodosiou, Laskos, & Bikas, 2012).

4.7. EnergyPlus

En la Tesis Doctoral se emplea el motor de cálculo de la versión 8.6 de EnergyPlus en los modelos 02+, 03, 04, 05 y 06. EnergyPlus es un programa de simulación energética para edificios que permite modelar el consumo de energía para climatización, ventilación, iluminación, cargas enchufadas y el uso de agua del edificio (U.S. Department of Energy,

2017) mediante simulaciones dinámicas, de precisión superior a los métodos indicados en la norma UNE-EN ISO 13790 (Y. J. Kim, Yoon, & Park, 2013).

Ha sido desarrollado por el Departamento de Energía de Estados Unidos (U S Department of Energy) y es el resultado de la combinación de las capacidades de dos motores de cálculo previos BLAST (Building Loads Analysis and System Thermodynamics) y DOE-2 (Hong, 2009). Es uno de los motores de simulación energética más utilizados, potentes y de reconocido prestigio de la actualidad (Gavilán Casal, 2015) siendo utilizado habitualmente por expertos en estudios energéticos de edificios (Boyano, Hernandez, & Wolf, 2013).

Algunas de las capacidades presentadas por EnergyPlus se detallan a continuación:

- Obtener soluciones simultaneas e integradas con una respuesta que contempla el acoplamiento entre zonas térmicas y los sistemas primario y secundario.
- El método de cálculo empleado es el del balance de calor (heat balance) que considera simultáneamente los efectos radiantes y convectivos en el interior del edificio y en la superficie exterior de la envolvente, las temperaturas superficiales interiores para la determinación de las temperaturas radiantes y de las condiciones de condensación en cada iteración de tiempo.
- Contempla la posibilidad de determinar diferentes pasos para la realización de las iteraciones para el cálculo de la interacción entre zonas térmicas y con el ambiente exterior, pudiendo alcanzar intervalos inferiores a una hora para cálculos anuales. Mediante esta posibilidad es posible realizar análisis extraordinariamente precisos o buscar un equilibrio entre la precisión y la velocidad de simulación.
- EnergyPlus emplea un modelo de transferencia de calor y masa combinados para describir el movimiento de aire entre las zonas térmicas, estudiando la adsorción o desorción de humedad integrando capa a capa en la función de transferencia por conducción o mediante la modelización de la penetración efectiva de la humedad.
- Contempla la modelización avanzada de huecos como en el caso de persianas controlables, acristalamientos electrocrómicos, etc.
- Empleo de balances térmicos capa a capa para calcular la energía solar absorbida por los vidrios y otros elementos de la envolvente térmica.
- Ha superado los test de validación de la Agencia Internacional de la energía para la simulación de edificios, por lo tanto, es un documento reconocido para el cumplimiento de las exigencias del CTE HE.

Es conveniente reseñar que EnergyPlus es un programa basado en consola de comandos que actúa como un motor de cálculo y para su correcta utilización es necesaria la utilización de un programa que haga de pasarela con EnergyPlus para enviar los datos, realizar las simulaciones en el motor de cálculo y posteriormente recuperar y presentar los resultados, para esa tarea en la Tesis Doctoral se ha empleado el software Cypetherm Eplus de CYPE Ingenieros.

La utilización del motor de cálculo de EnergyPlus se encuentra avalado internacionalmente por su utilización en multitud de estudios realizados (Ascione, D'Agostino, Marino, & Minichiello, 2016; Ascione, De Masi, de Rossi, Ruggiero, & Vanoli, 2016; S. Attia & Carlucci, 2015; Balocco, Gori, Marmonti, & Citi, 2012; Boyano et al., 2013; Briceño, 2013; Fernández Salvador, 2012; Firląg et al., 2015; García Kerdan, Raslan, Ruyssevelt, Vaiciulyte, & Morillón Gálvez, 2017; Muñoz & Soto, 2014; Ramos Moreno, Carrillo Andrés, Rodríguez García, & Fernández Hernández, 2015; Royapoor & Roskilly, 2015; Sarabia Escrivá, 2010; Sorgato, Melo, & Lamberts, 2016; Stazi, Vegliò, Di Perna, & Munafò, 2013; Yu, Haghighat, Fung, & Yoshino, 2010)



4.8. Cypecad MEP y Cypetherm EPlus

El principal software empleado para la realización de la Tesis Doctoral ha consistido en la suite de cálculo energético de la empresa CYPE Ingenieros, en especial Cypecad MEP, Cypetherm HE y Cypetherm Eplus. Otros programas utilizados ha sido AutoCAD y Revit de la empresa Autodesk y la suite ofimática Office de Microsoft. Se realiza, a continuación, una breve descripción de los programas de simulación energética.

Cypecad MEP es un software propietario de la empresa CYPE Ingenieros creado para *“el diseño y dimensionamiento de la envolvente, la distribución y las instalaciones del edificio sobre un modelo 3D integrado con los distintos elementos del edificio”*. Mediante la utilización de este software se han realizado las simulaciones de los modelos 01 y 02 según el método de cálculo de la UNE 13790.

El programa permite el dimensionado y el cumplimiento normativo de diferentes aspectos de un edificio, en el ámbito de aplicación de la Tesis, verifica el cumplimiento de los documentos básicos del CTE DB-HE 0 y DB-HE 1 (2013 y 2006), y permite obtener la certificación energética mediante los procedimientos simplificado Ce2 y general (exportación a HULC).

Para el cumplimiento del HE 0 Cypecad MEP no permite la verificación normativa en edificios de uso diferente al residencial. Esta circunstancia se produce porque en este tipo de inmuebles el cumplimiento de la exigencia se fundamenta en justificar que el edificio alcanza una calificación energética B o superior, puesto que solo la Herramienta Unificada puede calcular la calificación energética de un edificio nuevo, el programa no puede verificar el cumplimiento de la misma.

Cypetherm HE, si bien puede operar como una aplicación independiente, en la presente Tesis su uso se ha circunscrito a su utilización como motor de cálculo para las simulaciones energéticas realizadas por Cypecad MEP para justificación normativa del DB HE 0 y del DB HE 1 según el método de cálculo de la UNE 13790.

CYPETHERM EPlus es un software creado para la modelización y simulación de edificios mediante la utilización del motor de cálculo de EnergyPlus. La integración de EnergyPlus en Cypetherm garantiza un motor de cálculo de reconocida solvencia junto con la usabilidad avanzada del software de CYPE Ingenieros, configurando una potente herramienta de para la simulación energética de edificios al permitir la determinación de:

- La demanda energética de los edificios.
- El desempeño energético de los sistemas de climatización.
- El consumo energético por sistema de aporte y vector energético utilizado.

Mediante la utilización de este software se han realizado las simulaciones de los modelos 02+, 03, 04, 05 y 06 mediante el motor de cálculo de EnergyPlus (CYPE Ingenieros, 2017a, 2017b, 2017c).

4.9. Condicionantes del procedimiento de cálculo

Se detallan a continuación los condicionantes que cumplen los métodos de cálculo empleados en la metodología, mediante la utilización de los softwares indicados en el apartado anterior.

4.9.1. **Condicionantes del procedimiento de cálculo: Fases ALFA y BETA**

La determinación de la demanda energética de calefacción y refrigeración se realiza mediante un cálculo horario en cada una de las zonas acondicionadas que componen el modelo térmico del edificio de forma separada. El cálculo se obtiene:

- Para los modelos 01 y 02, *mediante la simulación anual de un modelo zonal del edificio con acoplamiento térmico entre zonas, mediante el método completo simplificado en base horaria de tipo dinámico descrito en UNE-EN ISO 13790:2011.*
- Para los modelos 02+, 03, 04, 05 y 06, mediante la simulación anual de un modelo zonal del edificio con acoplamiento térmico entre zonas realizada con el motor de cálculo de referencia EnergyPlus.

El procedimiento de cálculo seguido por el software considera los diferentes aspectos exigidos y cumple con todas las exigencias impuestas en el capítulo 5 de DB HE 1:

- El diseño, emplazamiento y orientación del edificio.
- La evolución hora a hora en régimen transitorio de los procesos térmicos.
- El acoplamiento térmico entre zonas adyacentes del edificio a distintas temperaturas.
- Las solicitaciones interiores, solicitaciones exteriores y condiciones operacionales especificadas en los apartados 4.1 y 4.2 de CTE DB HE 1, teniendo en cuenta la posibilidad de que los espacios se comporten en oscilación libre.
- Las ganancias y pérdidas de energía por conducción a través de la envolvente térmica del edificio, compuesta por los cerramientos opacos, los huecos y los puentes térmicos, con consideración de la inercia térmica de los materiales.
- Las ganancias y pérdidas producidas por la radiación solar al atravesar los elementos transparentes o semitransparentes y las relacionadas con el calentamiento de elementos opacos de la envolvente térmica, considerando las propiedades de los elementos, su orientación e inclinación y las sombras propias del edificio u otros obstáculos que puedan bloquear dicha radiación.
- Las ganancias y pérdidas de energía producidas por el intercambio de aire con el exterior debido a ventilación e infiltraciones teniendo en cuenta las exigencias de calidad del aire de los distintos espacios y las estrategias de control empleadas.

Permitiendo además la obtención separada de la demanda energética de calefacción y de refrigeración del edificio (CYPE Ingenieros, 2017d).

4.9.2. **Condicionantes del procedimiento de cálculo: Fases GAMMA y DELTA**

La determinación del consumo de energía primaria procedente de fuentes de energía no renovables se realiza en primer lugar determinando la demanda energética del edificio mediante:

- Una simulación anual por intervalos horarios de un modelo zonal del edificio para los modelos 01 y 02.
- Una simulación anual por intervalos horarios de un modelo zonal del edificio con el motor de cálculo de referencia EnergyPlus para los modelos 02+, 03, 04, 05 y 06.

Posteriormente de forma horaria se realiza el ajuste de la distribución de las demandas para cada zona del modelo térmico con el objetivo de determinar en cada equipo encargado de cubrir las demandas su punto de trabajo, la energía útil aportada, la energía final consumida y la energía primaria equivalente, desglosando el consumo energético por equipo, sistema de aporte y vector energético utilizado.



La determinación de la demanda energética de ACS se ha realizado según las indicaciones del apartado 4 de CTE DB HE 4 y los factores de conversión de energía primaria procedente de fuentes no renovables han sido obtenidos del IDAE.

El procedimiento de cálculo seguido por el software considera los diferentes aspectos exigidos y cumple con todos los requisitos impuestos en el capítulo 5 de DB HE 0:

- El diseño, emplazamiento y orientación del edificio.
- La demanda energética de calefacción y refrigeración calculada conforme a los requisitos establecidos en CTE DB HE 1.
- La demanda energética de agua caliente sanitaria, calculada conforme a los requisitos establecidos en CTE DB HE 4.
- El dimensionado y los rendimientos operacionales de los equipos técnicos de producción y aporte de calor, frío y ACS.
- La distinción de los distintos vectores energéticos utilizados en el edificio, junto con los factores de conversión de energía final a energía primaria procedente de fuentes no renovables.
- La contribución de energías renovables producidas in situ o en las proximidades de la parcela del edificio (CYPE Ingenieros, 2017d).

4.10. Resultados previos



Figura 4.3. Trabajos previos

El desarrollo de la metodología aquí presentada ha sido realizado a lo largo de los últimos años en los que cada vez se han realizado análisis más precisos y detallados del comportamiento de los edificios. Partiendo de unos primeros modelos en los que se desarrollaba la aplicación en viviendas, la metodología fue evolucionando hacia una aplicación más sistemática e independiente del modelo sobre el que se aplicaba, extendiéndose su uso a edificios residenciales, administrativos, docentes, etc. (Carmona Fernández, Al Kassir, Jaramillo Morán, & Horrillo Horrillo, 2016; Carmona Fernández, Al Kassir Abdulla, Jaramillo Morán, & Horrillo Horrillo, 2013; Horrillo, Jaramillo Morán, Al Kassir, & García, 2015).

4.11. Modelos de cálculo empleados

Los modelos analizados en la Tesis Doctoral pretenden ser una muestra suficientemente significativa del parque edificatorio actual, incluyendo diferentes tipologías empleadas con distintos usos. Pueden encontrarse desde obras muy compactas, como el centro de salud del modelo 04, a proyectos en los que prácticamente todos los recintos limitan con el exterior, como el edificio de oficinas del modelo 06, con las dificultades que esta circunstancia conlleva para la limitación de la demanda de energía. Desde propuestas con cargas internas y ventilaciones reducidas, como en una vivienda en los modelos 01 y 02, a un centro deportivo indoor con una ventilación elevada en el modelo 05. De edificios de poco más de cien metros cuadrados a otros de miles.

Los modelos analizados son los siguientes:

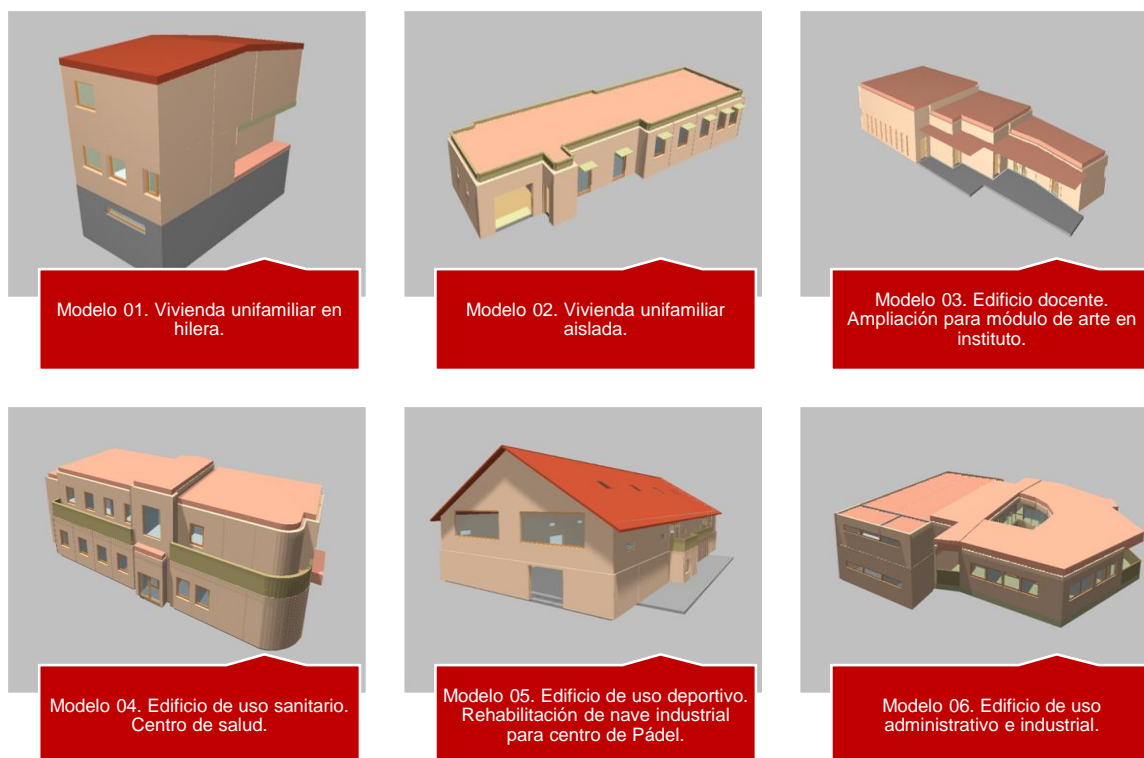


Figura 4.4. Modelos empleados en la Tesis Doctoral

Con respecto a los proyectos en los que se basan los modelos, el 01 es una adaptación de un edificio de comprobación de la Agencia Internacional de la Energía, el 02 ha sido diseñado por el autor de la Tesis Doctoral y los modelos 03, 04, 05 y 06 son edificios reales diseñados por el Codirector de la Tesis D. Francisco de Asís Hipólito Ojalvo.



4.11.1. Modelo 01

Primer modelo de cálculo. Se corresponde con una vivienda unifamiliar adosada en hilera. Orientada en un único eje, cuenta con una arquitectura minimalista y compacta, con sobriedad de formas y dividida en tres alturas. Las estancias pivotan sobre una zona de circulación en el núcleo central para las diferentes plantas, que se encuentran divididas en función de los usos de noche (primera planta) y día (planta baja y sótano). La vivienda cuenta con tres dormitorios, dos baños, salón comedor, cocina y galería, con sótano no habitable.

Se han realizado 256 simulaciones sobre este modelo basadas en la norma UNE 13790 y utilizando el software Cypecad MEP.

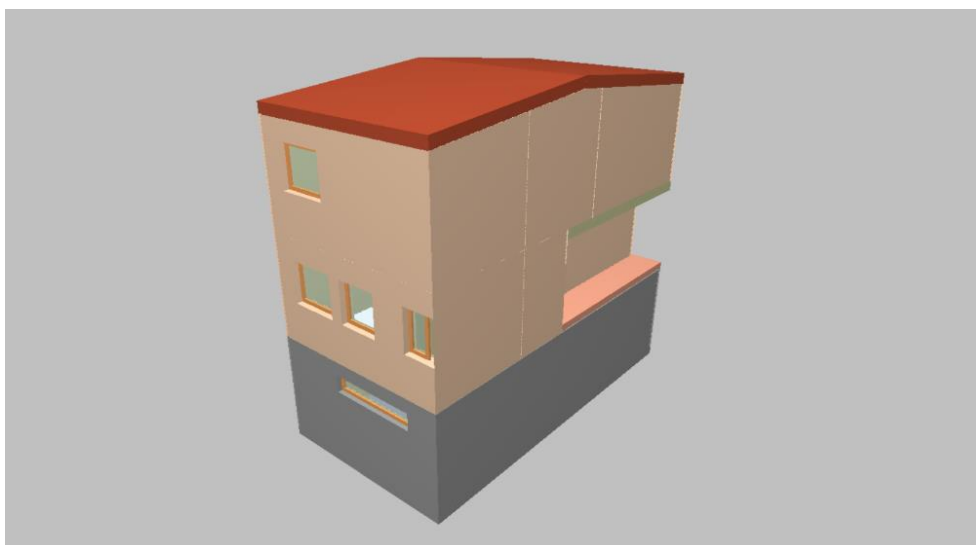


Figura 4.5. Vista 3D del modelo 01

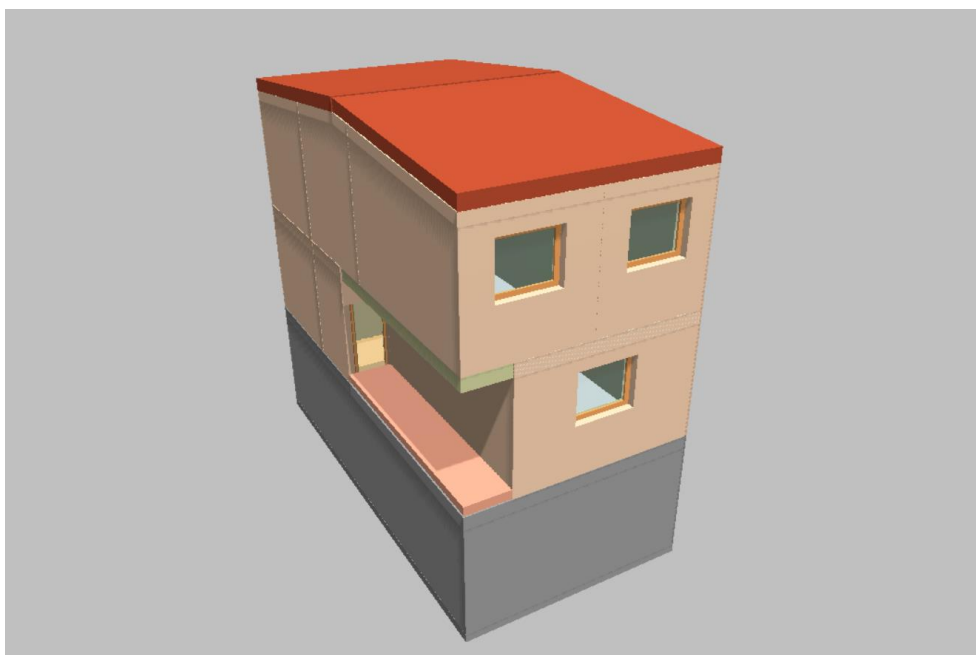


Figura 4.6. Otra vista 3D del modelo 01

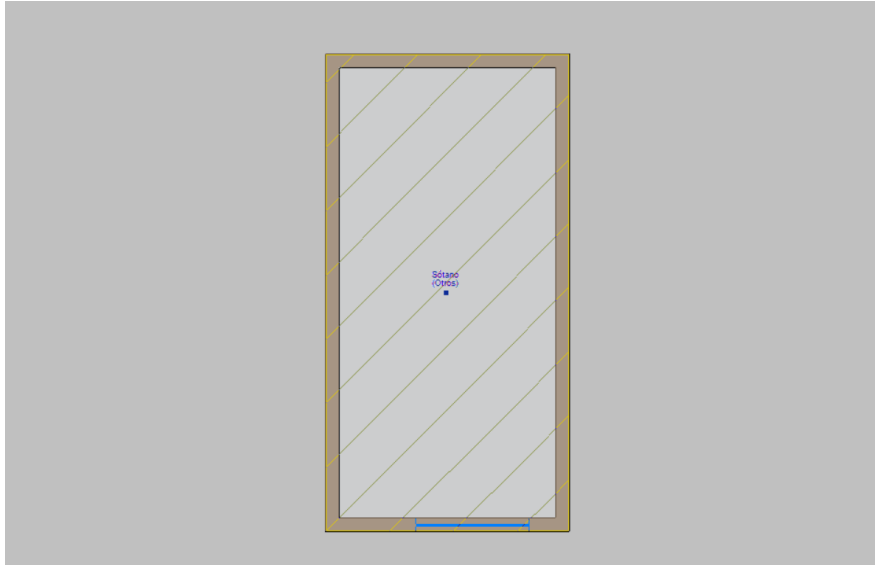


Figura 4.7. Planta sótano del modelo 01

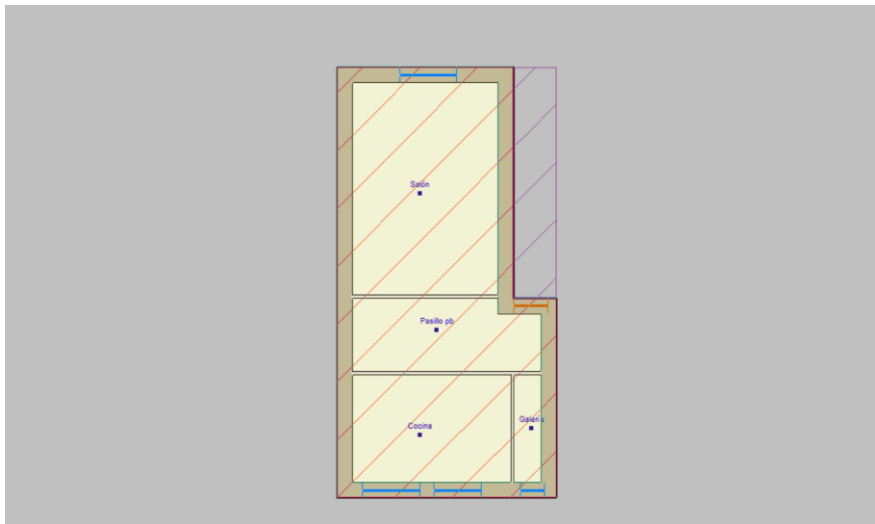


Figura 4.8. Planta baja del modelo 01

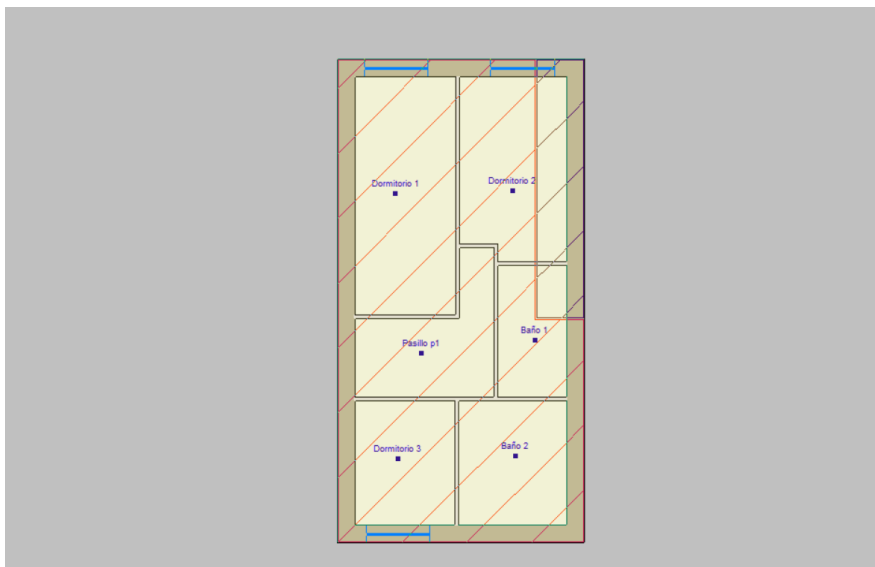


Figura 4.9. Planta primera del modelo 01



4.11.2. Modelo 02

Segundo modelo de cálculo. Se trata de una vivienda unifamiliar aislada, construida en una sola planta de forma alargada, concatenándose las zonas de día y noche a lo largo del recorrido natural del eje principal de la vivienda. Cuenta con amplios ventanales en las salas de estar y dormitorios, relacionando la vivienda con su entorno y dotándola de gran cantidad de luz natural. Está formada por cuatro dormitorios, un despacho, dos baños, aseo, salón comedor, cocina, garaje y galería.

Se han realizado las simulaciones a partir de dos modelos: el 02 con 285 simulaciones basadas en la norma UNE 13790 y utilizando el software Cypecad MEP y el 02+ con 244 simulaciones mediante el motor de cálculo de EnergyPlus utilizando como pasarela el programa Cypetherm Eplus.

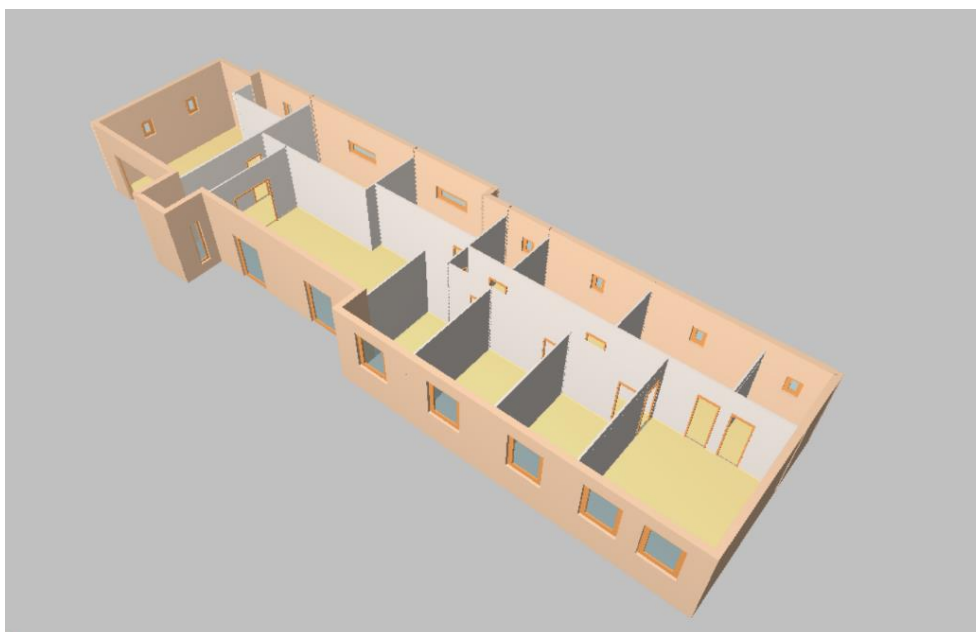


Figura 4.10. Vista 3D interior del modelo 02

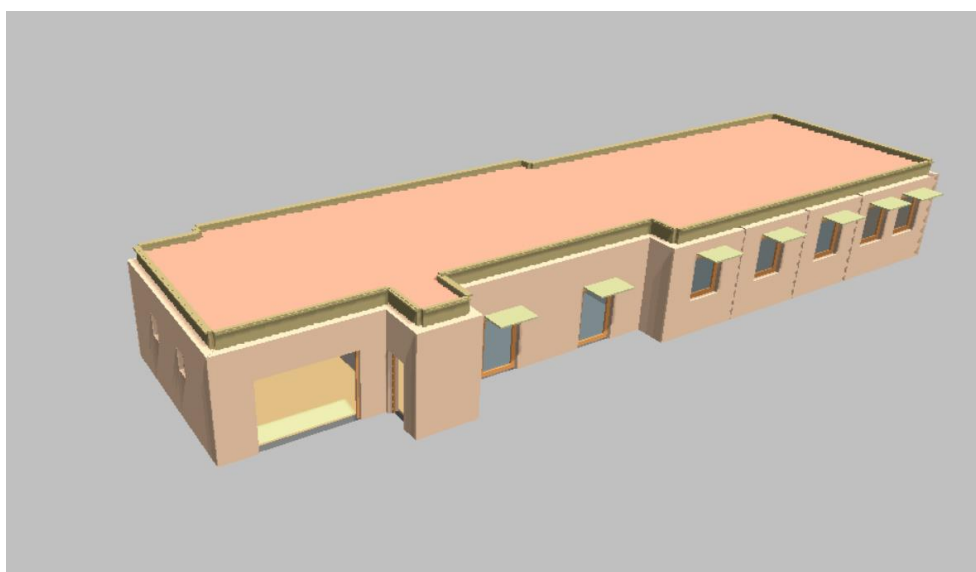


Figura 4.11. Vista 3D exterior del modelo 02

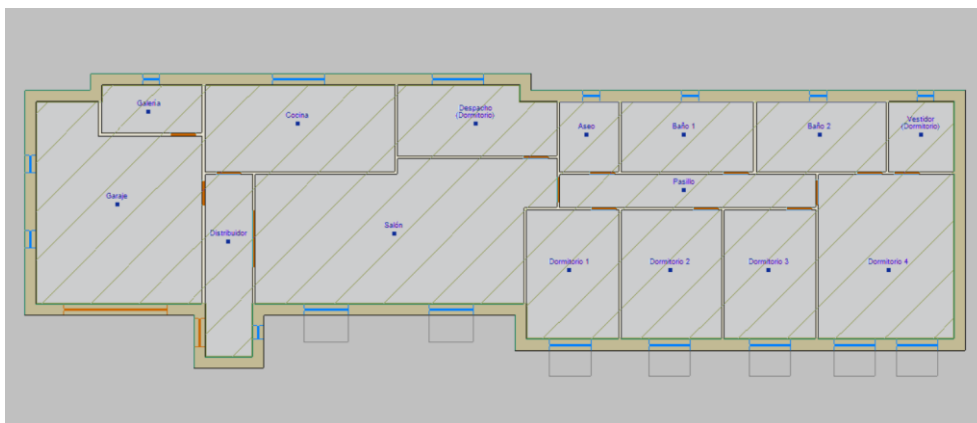


Figura 4.12. Planta del modelo 02

4.11.3. Modelo 03

Tercer modelo de cálculo. Ampliación del instituto de formación secundaria Reino Aftasí en Badajoz. El edificio se realizó sobre el eje de la diagonal del espacio libre disponible en la parcela. Mediante su distribución en planta se dispone una línea que marca los ingresos a los nuevos talleres de artes gráficas. En primer lugar, en la zona más estrecha y ampliándose hacia el fondo se encuentran los núcleos de aseos, con posterioridad los despachos y está rematado por dos aulas de carácter polivalente. La cubierta plana se prolonga en voladizo para proteger los espacios de relación del alumnado al generar porches en donde, en días de inclemencias climatológicas o en cambios de clase, el alumno puede disfrutar del recreo y del ocio en una mezcla de espacios interior-externo.

Se realizaron 232 simulaciones mediante el motor de cálculo de Energy Plus utilizando como pasarela el programa Cypetherm Eplus.

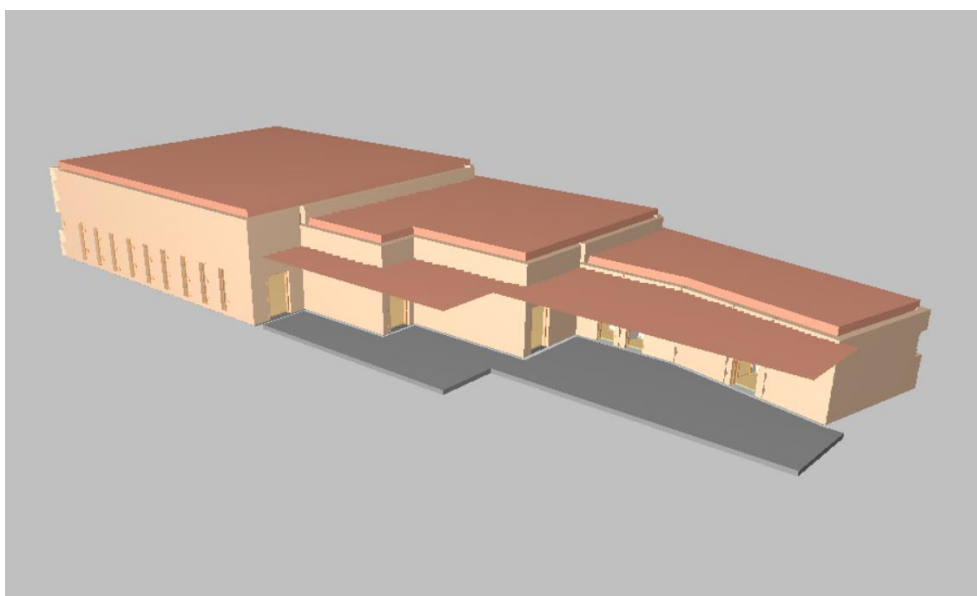


Figura 4.13. Vista 3D del modelo 03

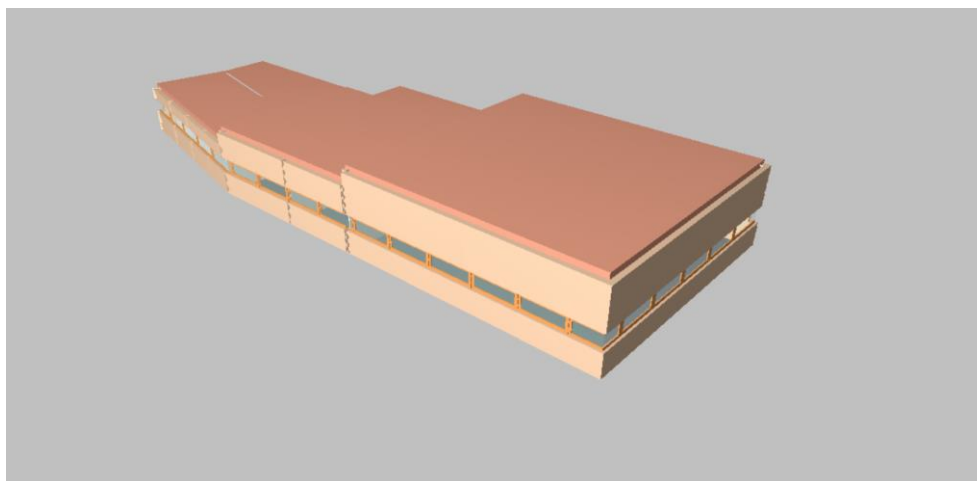


Figura 4.14. Otra vista 3D del modelo 03



Figura 4.15. Planta del modelo 03

4.11.4. Modelo 04

Cuarto modelo de cálculo. Centro de Salud en Ceclavín (Caceres). Si bien el edificio real se encuentra en la ubicación indicada, en orden de realizar las comparaciones pertinentes en las simulaciones, el modelo de cálculo se situó en Badajoz. El centro de salud presenta una arquitectura propia del maquinismo, haciendo referencias a los diseños marítimos y presentando cubierta plana. La planta baja cuenta con mucha superficie libre jalonando las distintas consultas tanto a este como a oeste, donde se sitúa el área de urgencias con una salida independiente. En la planta superior se encuentra la estructura libre para el acceso de personas con movilidad reducida a las áreas de fisioterapia, radiología, odontología y otras consultas de carácter generalista.

Se realizaron 255 simulaciones mediante el motor de cálculo de Energy Plus utilizando como pasarela el programa Cypetherm Eplus.



Figura 4.16. Vista 3D del modelo 04

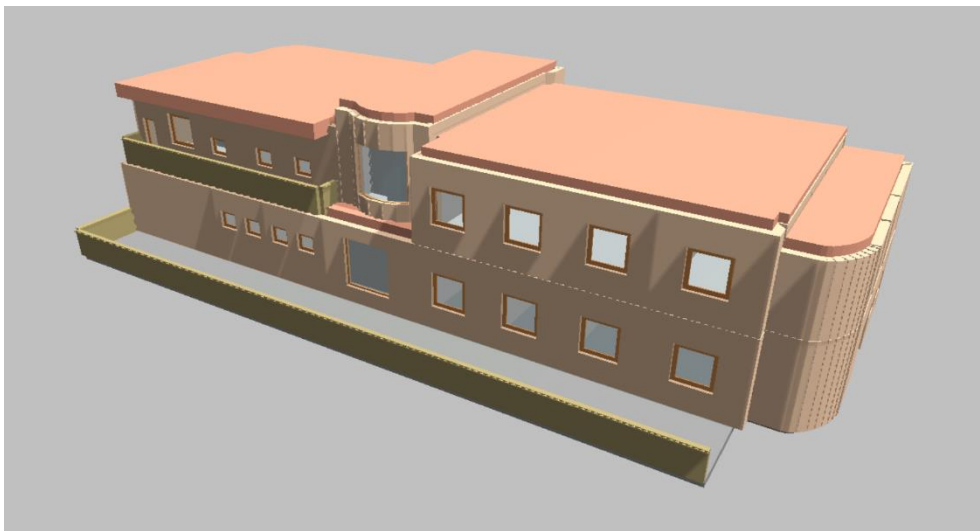


Figura 4.17. Otra vista 3D del modelo 04



Figura 4.18. Planta baja del modelo 04

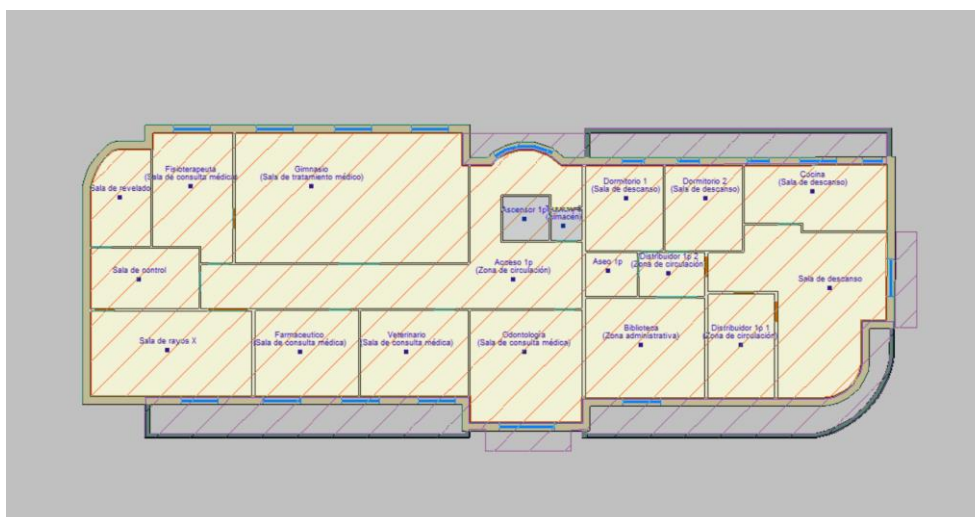


Figura 4.19. Planta primera del modelo 04

4.11.5. Modelo 05

Quinto modelo de cálculo. Adaptación de nave industrial para la construcción de pistas de pádel indoor Puente Real en Badajoz. Para optimizar el espacio en la nave, las pistas de pádel se concentran en la fachada este, en concreto, en la opuesta a la pieza de servicios donde, en primer lugar, se encuentra la oficina como espacio de bienvenida/recepción y control junto con una tienda, un mini-club social con una sala de convivencia y una cafetería. La cafetería hace de rótula entre el interior y el exterior del inmueble, dando servicio tanto a las pistas indoor como a las que están al aire libre. Con posterioridad, en la pieza de servicios, se tiene el núcleo de vestuarios y el resto de zonas húmedas. Finalmente, el contenedor está coronado por una dependencia de infraestructuras e instalaciones.

Se realizaron 259 simulaciones mediante el motor de cálculo de Energy Plus utilizando como pasarela el programa Cypetherm Eplus.

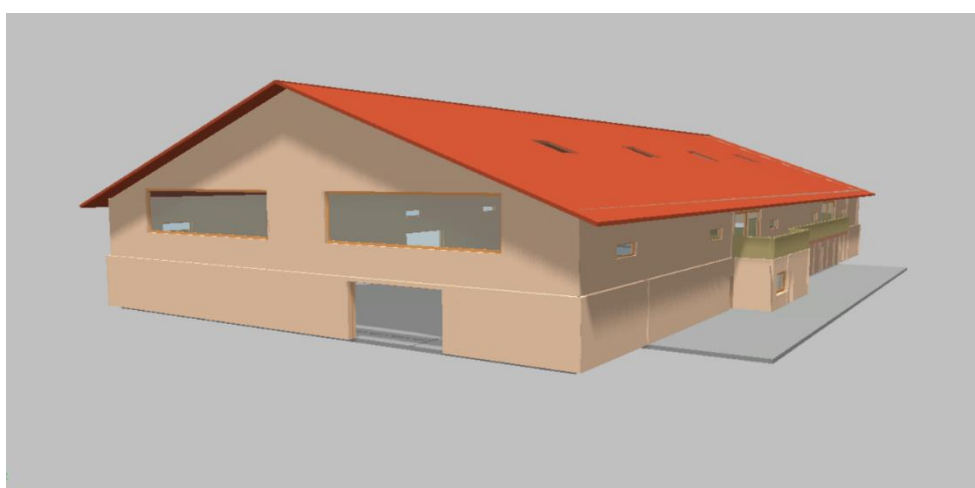


Figura 4.20. Vista 3D del modelo 05



Figura 4.21. Otra vista 3D del modelo 05

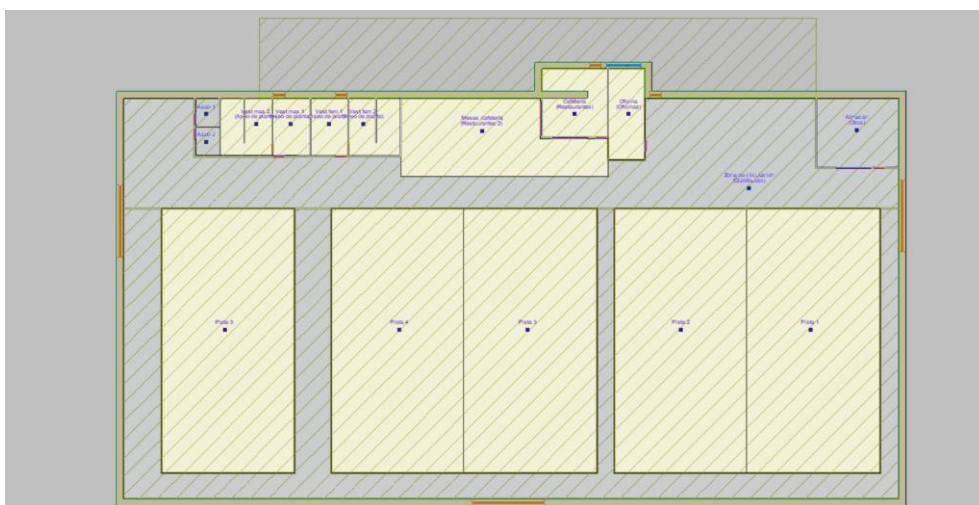


Figura 4.22. Planta del modelo 05

4.11.6. Modelo 06

Sexto modelo de cálculo. Edificio administrativo e industrial. El edificio real está situado en Navalmoral de la Mata (Cáceres) mientras que el modelo de simulación se encuentra en Badajoz por los motivos antes expuestos para el modelo 04. Se trata de una construcción aglutinada en torno a un claustro central en el que las dependencias parten del patio vacío jalonando el perímetro, conformando una estructura radial desde el centro, que se corresponde con el claustro, donde se van disponiendo los sucesivos despachos en una estructura focalizada.

El edificio tiene un uso mixto, administrativo en la zona noble e industrial en una gran nave cuyas calidades son inferiores. La cubierta del inmueble es plana y de tipo invertida en la zona administrativa y a dos aguas en el módulo industrial.

Se realizaron 275 simulaciones mediante el motor de cálculo de Energy Plus utilizando como pasarela el programa Cypetherm Eplus.



Figura 4.23. Vista 3D del modelo 06



Figura 4.24. Otra vista 3D del modelo 06

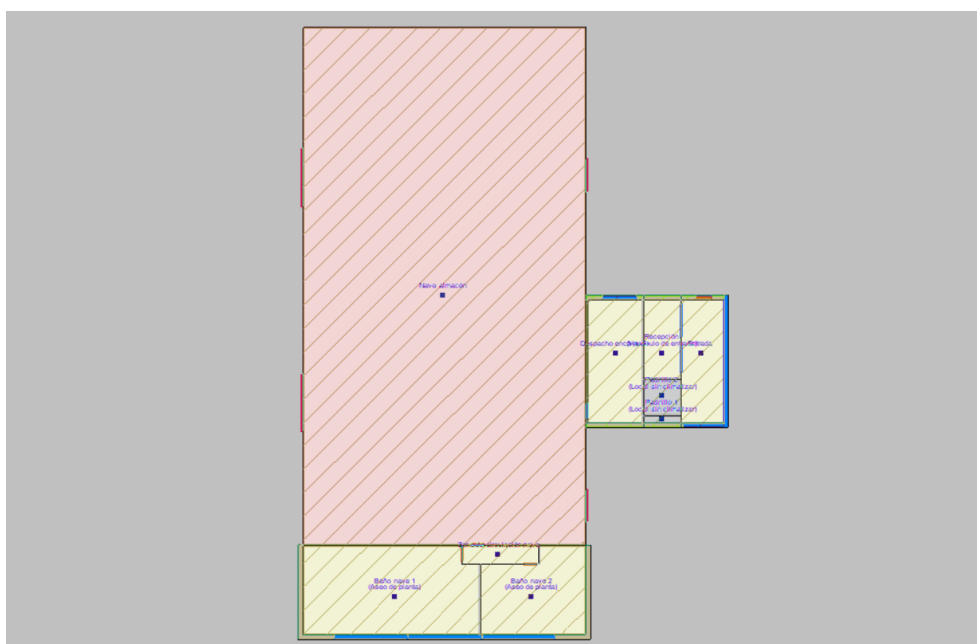
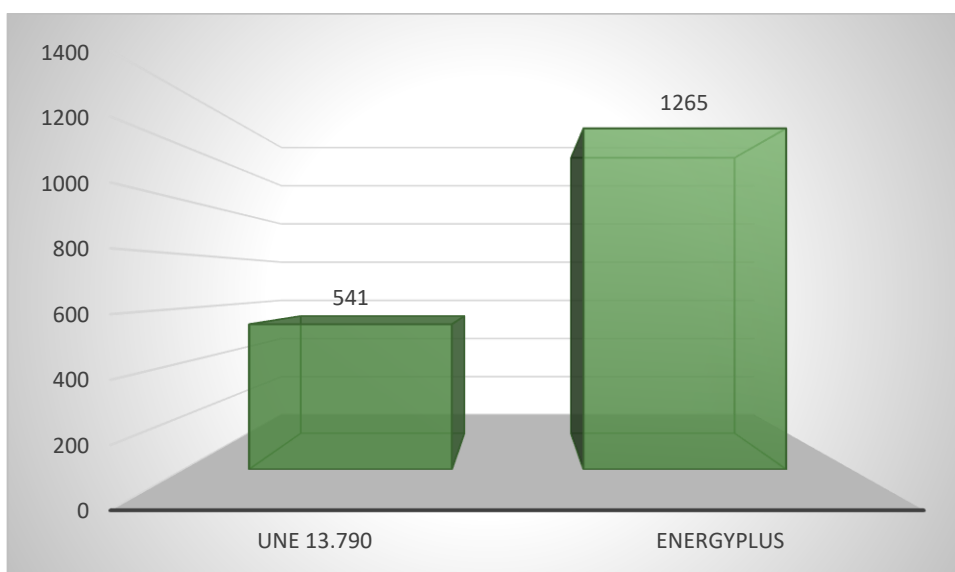


Figura 4.25. Planta baja del modelo 06



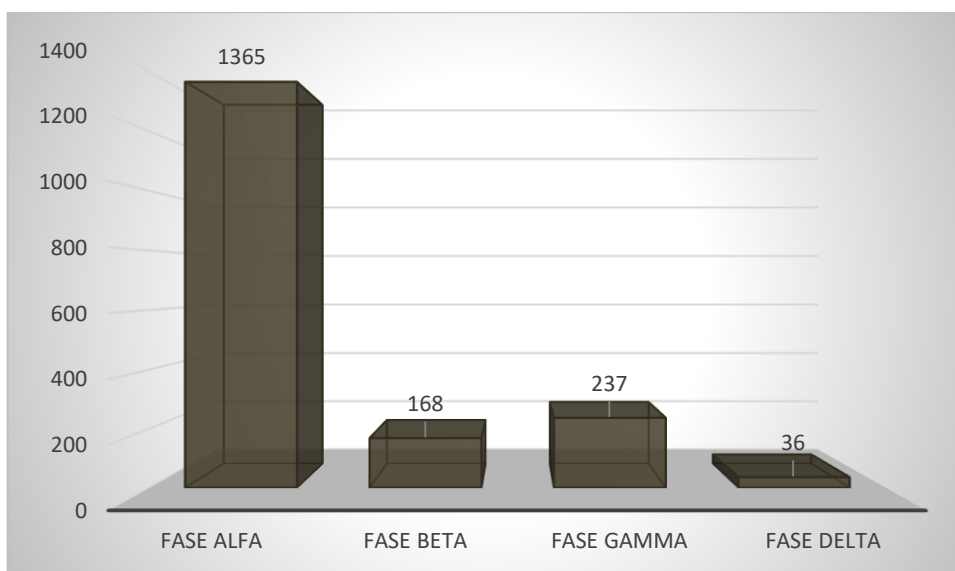
En función del motor de cálculo empleado, las simulaciones se han dividido como puede observarse en el Gráfico 4.2:

Gráfico 4.2. Distribución de las simulaciones por motor de cálculo



Según la fase de aplicación, las simulaciones pueden organizarse tal y como se muestra en el Gráfico 4.3:

Gráfico 4.3. Distribución de las simulaciones por fase



4.12. Categorías de simulación

Las diferentes categorías y subcategorías de simulación empleadas en la Tesis Doctoral se recogen en el siguiente listado clasificadas en función de la fase de aplicación y según su orden de realización:

Fase ALFA.

- Modelos iniciales.
- Orientación.
- Paramentos verticales/Muros.

- Fachadas.
- Comprobación inercia.
- Muros especiales.
- Tabiques.
- Tabiques en contacto con zonas no habitables / no climatizadas.
- Acabados.
- Paramentos horizontales.
 - En contacto terreno.
 - Cubiertas planas.
 - Cubiertas inclinadas.
 - Forjados interiores.
 - Paramentos horizontales singulares.
 - Comprobación inercia.
 - Acabados.
- Huecos.
 - Vidrios/Marcos.
 - Sombreado en huecos.
 - Protecciones.
- Sombreados.
- Definición recintos condiciones.
- Rendimiento de instalaciones de ventilación.

Fase BETA.

- Soluciones combinadas de la fase alfa.
- Puentes térmicos.
- Free cooling.
- Correcciones/modelo pasivo final.

Fase GAMMA.

- Modelos iniciales.
- Rendimiento de instalaciones de climatización.
 - Aire-aire / Hyperinverter.
 - Aire-agua / Aerotermia.
 - Tierra-agua / Geotérmica.
 - VRV.
 - Biomasa.
 - Otras instalaciones de calefacción.
 - Otras instalaciones de refrigeración.
- Rendimiento de instalaciones de ACS.
- Renovables.
 - Solar Térmica.
 - Generación eléctrica.

Fase DELTA.

- Simulaciones finales combinadas / modelos nZEB finales.







5. Descripción de las simulaciones: Fase ALFA



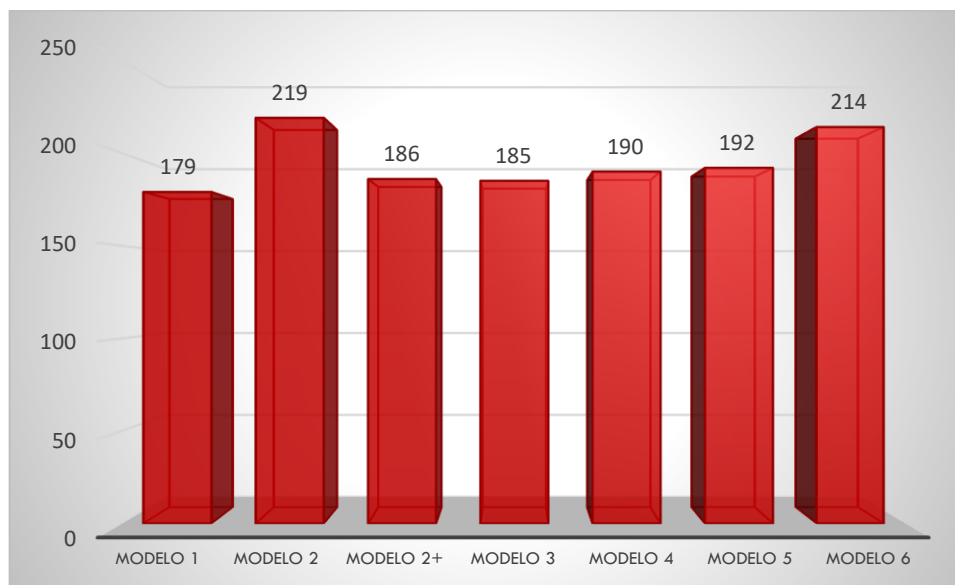


5.1. Descripción de la fase ALFA

En el presente capítulo se describen las simulaciones realizadas dentro de la fase ALFA. Como ya se ha indicado, las simulaciones se encuentran agrupadas por modelos y, dentro de estos, en diferentes categorías. En dichas categorías, mediante la variación de los parámetros característicos de cada una de ellas, se evalúan distintas soluciones constructivas, basadas en elementos reales.

Se realizaron un total de 1365 simulaciones repartidas en función de los modelos según lo indicado en el Gráfico 5.1.

Gráfico 5.1. Simulaciones de la fase ALFA según modelo



Las categorías y subcategorías de simulación empleadas en la fase ALFA se recogen a continuación.

- Modelos iniciales.
- Orientación.
- Paramentos verticales/Muros.
 - Fachadas.
 - Comprobación inercia.
 - Muros especiales.
 - Tabiques.
 - Tabiques en contacto con zonas no habitables / no climatizadas.
 - Acabados.
- Paramentos horizontales.
 - En contacto terreno.
 - Cubiertas planas.
 - Cubiertas inclinadas.
 - Forjados interiores.
 - Paramentos horizontales singulares.
 - Comprobación inercia.
 - Acabados.
- Huecos.
 - Vidrios/Marcos.
 - Sombreado en huecos.



- Protecciones.
- Sombreados.
- Definición recintos condiciones.
- Rendimiento de instalaciones de ventilación.

Se introduce el funcionamiento de la fase ALFA en la descripción de su aplicación en el modelo 01 y en el resto de modelos se muestran sus resultados y variaciones con respecto a lo aplicado para el primer modelo.



5.2. Fase ALFA del modelo 01

Las simulaciones han sido realizadas con Cypecad MEP. El punto de partida de la metodología es el desarrollo de un modelo base sobre el cual se realizan el resto de simulaciones a lo largo de toda la fase ALFA.

El modelo base (modelo inicial sin aislamiento o MISA) se realiza con el objetivo de ser una representación fiel desde el punto de vista geométrico del edificio objeto de estudio, simulándose una envolvente térmica sin medidas de ahorro de energía. Las fachadas, cubiertas, muros de sótano, etc. son constructiva y geoméricamente idénticos a los que se utilizan en el resto de simulaciones de la fase (menos por las modificaciones que se realizan en su propia categoría de simulación, volviendo siempre en la siguiente categoría al modelo base), no contando con ningún tipo aislamiento. Del mismo modo, el modelo MISA no incorpora sistemas de recuperación de calor en la ventilación, protecciones solares en los huecos u otras medidas de reducción de la demanda de energía.

Los cerramientos base del modelo MISA son:

- Las fachadas estas ejecutadas mediante fábrica de ladrillo cerámico hueco de medio pie revestido con mortero monocapa.
- La solera es de hormigón en masa con un grosor de 10 cm.
- El resto de forjados son unidireccionales con bovedillas de hormigón de 25 + 5 cm, estando rematada la cubierta a dos aguas con la impermeabilización correspondiente y teja de arcilla cocida.
- Las ventanas son correderas con marco de aluminio y los vidrios son simples monolíticos de 4 mm de espesor.
- Las condiciones que definen los recintos, cargas internas, ocupación, ventilación, etc. son congruentes con lo indicado en el CTE (Apéndice C del DB HE 1) para el perfil de uso residencial y permanecen constantes a lo largo de todas las simulaciones.

La demanda energética anual por metro cuadrado de este modelo inicial marca la línea base energética de referencia de la fase y tiene un valor de 225,81 kWh / (m²·año). Del mismo modo, para tener una base comparativa adicional, se realizan tres simulaciones basadas, dos de ellas, en el cumplimiento de las versiones de 2006 y 2013 del CTE DB HE, mediante la adicción de medidas de reducción de la demanda en el edificio sobre el modelo de cálculo y una última que incorpora los límites normativos calculados según el apartado 2.2.1.1 del DB HE 1 de 2013 a cumplir por parte del edificio (Gráfico 5.2).

En la primera categoría de simulación se estudia el efecto de la orientación del edificio en la demanda energética. Para ello se realizan simulaciones consecutivas del modelo para obtener el resultado de la demanda energética estacional y anual, variando la orientación del mismo en 15 grados por cada simulación. Una vez obtenido el valor mínimo anual de estas, se toma como base y se procede a la simulación en intervalos de cada 5 grados. Posteriormente, se toma el valor mínimo y se repite la operación en intervalos de un grado, obteniendo el valor de la orientación más favorable de cara la demanda energética anual. En la simulación de orientación ajustada a 266° se produce el valor mínimo de la categoría para el modelo y se adopta como solución en la fase BETA (Gráfico 5.3).

Para la simulación de fachadas se toman tres tipologías de muro sobre las cuales se realizan variaciones en el grosor del aislamiento térmico y en ocasiones se añaden trasdosados interiores con su respectivo aislamiento. El aislamiento más comúnmente utilizado (excepto que se indique lo contrario) consiste en paneles semirrígidos de lana de roca. Los diferentes tipos de fachada considerados son:

- El tipo *a* es un muro convencional con un revestimiento exterior de mortero decorativo y un trasdosado autoportante con aislamiento por el interior.
- El tipo *b* es una fachada ventilada con placas de resinas termoendurecibles con aislamiento exterior a la fábrica de ladrillo.
- El tipo *c* es un muro con aislamiento exterior o sate, cuenta la misma base de fábrica de ladrillo y está recubierto de mortero decorativo con una imprimación de silicato.

Puede observarse cómo se localiza un punto de inflexión en las tres tipologías a partir del cual el incremento de grosor de aislamiento produce una disminución cada vez menor en la demanda energética anual del edificio.

Es necesario que se encuentre el compromiso entre seguir reduciendo la demanda a expensas de grosores de muro cada vez más elevados, resultando más costosos y limitando el espacio interior del edificio. Si bien, en los modelos se ha tomado como línea de referencia para la introducción del muro una línea ficticia sobre el acabado interior, con lo que, al aumentar el grosor del muro, este crece hacia afuera. En la realidad podría darse el caso de contar con un espacio disponible limitado en la ubicación y este aumento en el grosor del muro repercutiría, en realidad, en la superficie habitable del inmueble.

De las 31 simulaciones realizadas en la categoría de fachadas se escoge un muro tipo *c* con aislante de lana de roca de 20 cm y un trasdosado con 5 cm de aislamiento. La utilización de esta fachada reduce la demanda del modelo a un valor de 125,10 kWh/(m²·año). La reducción es más que considerable, alcanzándose aproximadamente un descenso de 100 kWh/(m²·año) sobre la simulación base. Resulta destacable que la solución presenta un menor valor de demanda, incluso con respecto a otras fachadas de menor transmitancia térmica, que incorporan mayores niveles de aislamiento en los trasdosados (Gráfico 5.4).

En la simulación de los tabiques se encuentran resultados destacables, al observarse que la demanda no disminuye al aumentar el grosor de los aislamientos, es más, aumenta al disminuir la transmitancia del elemento, este fenómeno se produce al no encontrarse ningún tabique en contacto con espacios no climatizados. Para las simulaciones se emplean elementos compuestos de entramados de yeso laminado autoportantes de diferentes grosores de aislamiento y diferentes combinaciones de placas.

Los tabiques considerados de tipo *a* están formados por entramados de yeso laminado autoportantes con lana mineral en su interior y los del tipo *b* de hoja de fábrica y trasdosados con aislamiento en ambas caras. La solución escogida es un tipo *a* de 4 cm de aislamiento, no especialmente por sus propiedades térmicas puesto que la demanda resultante es de 225,71 kWh/(m²·año), únicamente una décima por debajo de la línea base, sino por garantizar las consideraciones referidas al confort acústico en la vivienda (Gráfico 5.5).

Se procede a simular diferentes tipos de acabados para los paramentos verticales. Estos incluyen diversas pinturas plásticas, alicatados con elementos cerámicos, chapados con piedra (arenisca en el caso considerado), paneles de corcho de diferentes grosores, láminas de vinilo, linóleos y tableros de fibras de densidad media, contrachapados y aglomerados.

Las simulaciones realizadas solo ofrecen descensos de demanda apreciables al considerar grosores elevados (para materiales de acabado en muros) de aislantes como el corcho y los tableros de fibras de densidad media o aglomerados. La incorporación en los cuartos húmedos de alicatados de baldosas cerámicas produce un descenso reducido en la



demanda. Se toma como solución una combinación del alicatado para los cuartos húmedos y paneles de corcho para el resto (Gráfico 5.6).

En las simulaciones de los paramentos horizontales en contacto con el terreno puede observarse el mismo fenómeno del punto de inflexión en la curva definida por los resultados. La aplicación de determinados niveles de aislamiento se descubre beneficiosa incluso en una solera que delimita un sótano no habitable. Además, se aprecia que el empleo de elementos de mayor masa como las soleras (tipo *a* de las simulaciones) presentan mejores propiedades térmicas y comportamiento en las simulaciones que forjados más ligeros como los sanitarios (tipo *b*) (Gráfico 5.7).

Las simulaciones de cubiertas inclinadas se realizan a partir de dos tipologías con diferentes tipos de aislamiento (tipo *a*, lana mineral y tipo *b*, XPS expandido) obteniéndose los resultados esperados, ligeramente más favorables en el caso del XPS por su menor transmitancia. Existe una pequeña sección de cubierta plana justo en la entrada de la vivienda por encima del sótano, las variaciones de las características en este caso no afectan al modelo (Gráfico 5.8). La solución final escogida consiste en una cubierta inclinada aislada con 20 cm de XPS expandido con HFC (hidrofluorcarbonos), resultando una demanda en el modelo de 195,80 kWh/(m²·año). Debe remarcar que solo la utilización de esta medida produce una reducción en la demanda del orden de 30 kWh / (m²·año) con respecto al modelo base (Gráfico 5.9).

Se emplea la categoría de simulación de acabados en paramentos horizontales para evaluar la incidencia en la demanda energética de las diferentes terminaciones incorporadas en los forjados. Son evaluados los tipos de suelo con otras bases de pavimentación (soleras secas, suelos flotantes, bases de pavimentación tradicional, etc.), y pavimentos. Para los falsos techos se consideran principalmente los falsos techos suspendidos de placas de escayola con o sin aislamiento de aglomerado de corcho expandido (además de los de revestimiento continuo).

En el caso de la simulación de acabados para el modelo 01 los resultados obtenidos no recomiendan su utilización en el mismo al constatarse un aumento considerable en la demanda con la disminución de la transmitancia en el forjado (es importante destacar que se varían los acabados en todos los forjados, es decir en las tres plantas de la vivienda). A modo de ejemplo, la simulación de una base de pavimentación consistente en un suelo radiante con un aislamiento de 5 cm de lana mineral en panel rígido produce un aumento de prácticamente 20 kWh / (m²·año) en la demanda del modelo (Gráfico 5.10).

Las simulaciones de los diferentes tipos de vidrio de los huecos incluyen la variación de dos parámetros, por un lado, la transmitancia térmica y por otro el factor solar. Con el objetivo de que las simulaciones sean representativas de la realidad, solo se utilizan vidrios presentes en el mercado. Por lo expuesto no se pueden modificar los valores de los dos parámetros de forma independiente para encontrar una combinación óptima, siendo necesario evaluar elementos reales.

Se emplean distintos tipos de vidrios en las simulaciones, los considerados estándar actualmente como los dobles y los nuevos vidrios de triple hoja con transmitancias muy reducidas. Se utilizan soluciones con varias cámaras, estas pueden ser de aire o de gases como el argón, criptón o xenón. Han sido considerados tintados de diferentes colores en las hojas interiores de los acristalamientos para variar el factor solar. Los tipos considerados son los siguientes:

- El tipo *a* es un acristalamiento estándar doble.
- El tipo *b* es un acristalamiento de baja emisividad térmica.

- El tipo *c* es un acristalamiento con control solar y, finalmente.
- El tipo *d* es un acristalamiento triple con cámaras de gas argón.

Según los resultados obtenidos para el mismo nivel de transmitancia, la variación del factor solar mejora o empeora las demandas en invierno y verano. Para el mismo valor de factor solar una reducción de la transmitancia siempre redundará en una disminución de la demanda. Por lo tanto, la influencia del factor solar en la demanda del edificio se traduce como un factor que puede ser positivo y negativo al mismo tiempo, pudiendo reducir la demanda en un régimen (verano e invierno) para aumentarla en otro. Es necesario, por tanto, un análisis exhaustivo de dicho parámetro en cualquier intento de diseño de un nZEB.

Las dos últimas simulaciones mostradas en la gráfica correspondiente a los acristalamientos de los huecos pueden servir de ejemplo al fenómeno indicado, al observarse como dos vidrios de igual y muy reducida transmitancia ($0,6 \text{ W / K m}^2$) pero con diferente factor solar afectan de forma desigual a las demandas anuales del modelo. La solución final escogida en la categoría es la de menor demanda anual, un vidrio de triple acristalamiento SGG Climalit Plus Xn F2 F5 6 / (14 argón 90%) / 4 / (14 argón 90%) / 4 del fabricante Saint Gobain, que simulado en el modelo presenta una demanda anual de $218,20 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año})$ (Gráfico 5.11).

Para el modelo 01 solo se consideraron 4 tipos de carpinterías en los huecos, aluminio sin rotura de puente térmico, acero, PVC y madera. En modelos posteriores se amplían los tipos considerados. De entre los diferentes tipos de marcos simulados, los de madera y los de PVC aportan las mejores prestaciones, de cara a la demanda anual (Gráfico 5.12).

En el estudio de los sombreados sobre los huecos, mediante elementos en voladizo describiendo un plano horizontal por encima del hueco, se analizan diferentes combinaciones, variando la longitud de la protección y su separación con respecto al hueco. En las primeras simulaciones se sombrea todos los huecos para, posteriormente, pasar a sombrear solo determinados espacios (Gráfico 5.13).

Se realizan simulaciones con diferentes tipos de protecciones solares sobre las ventanas: contraventanas de madera, persianas plásticas y persianas venecianas. En este caso, el software tiene una limitación importante (Cypacad MEP), al no ser posible indicar un uso estacional de la protección. Por lo tanto y aunque se minorará la demanda de refrigeración, la de calefacción aumenta en mayor grado y la demanda anual resultante es superior a la del MISA, produciendo una imprecisión en los cálculos que no se corresponde con la realidad. En el software empleado a partir del modelo 02+ (Cypetherm Eplus) es posible programar condiciones de utilización estacionales en las protecciones, incrementando la precisión de las simulaciones (Gráfico 5.14).

Se simulan diferentes configuraciones de sombreados ajenos al edificio mediante modelos paralelepípedos de diferentes alturas (5 y 10 metros) situados en las orientaciones correspondientes a los puntos cardinales. Este tipo de simulaciones no permite, al igual que en la anterior categoría, una simulación estacional de los obstáculos como correspondería con la introducción de, por ejemplo, árboles de hoja caduca u otra medida bioclimática. Los resultados muestran que, para el modelo, solo mediante sombreados estacionales se obtienen ahorros en la demanda (Gráfico 5.15).

Finalmente se evalúa la variación del rendimiento de un recuperador de calor incorporado en la ventilación del edificio, según las condiciones de renovación de aire indicadas en el apartado 2 del documento de salubridad HS 3 del CTE y los perfiles de uso del CTE HE. Se incorporan además condiciones de renovación de aire nocturna en verano. Se simulan



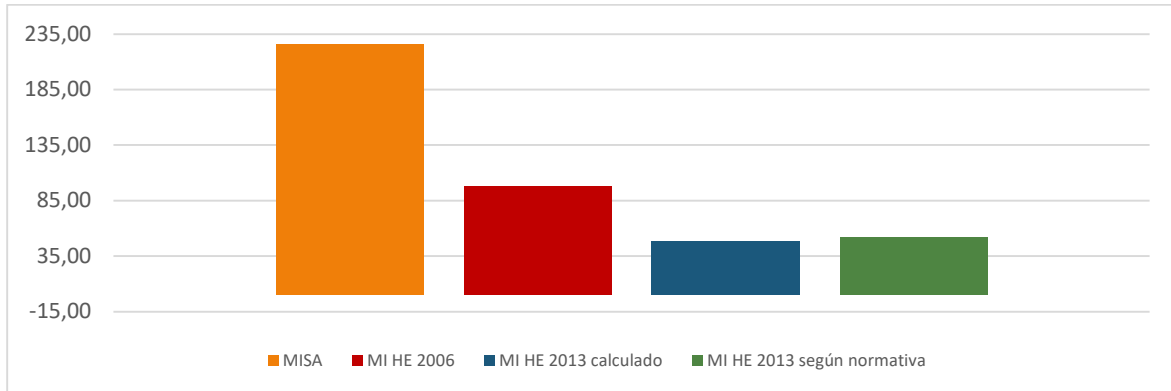
rendimientos en la recuperación hasta del 95%, que algunos de los modelos de recuperadores de calor más recientes en el mercado pueden alcanzar en condiciones óptimas (Gráfico 5.16).

En los siguientes apartados pueden observarse los gráficos que representan las simulaciones de la fase ALFA del modelo 01 y en el Anexo se recogen de forma resumida. El listado completo de las soluciones escogidas en cada categoría puede consultarse en la fase BETA del modelo.



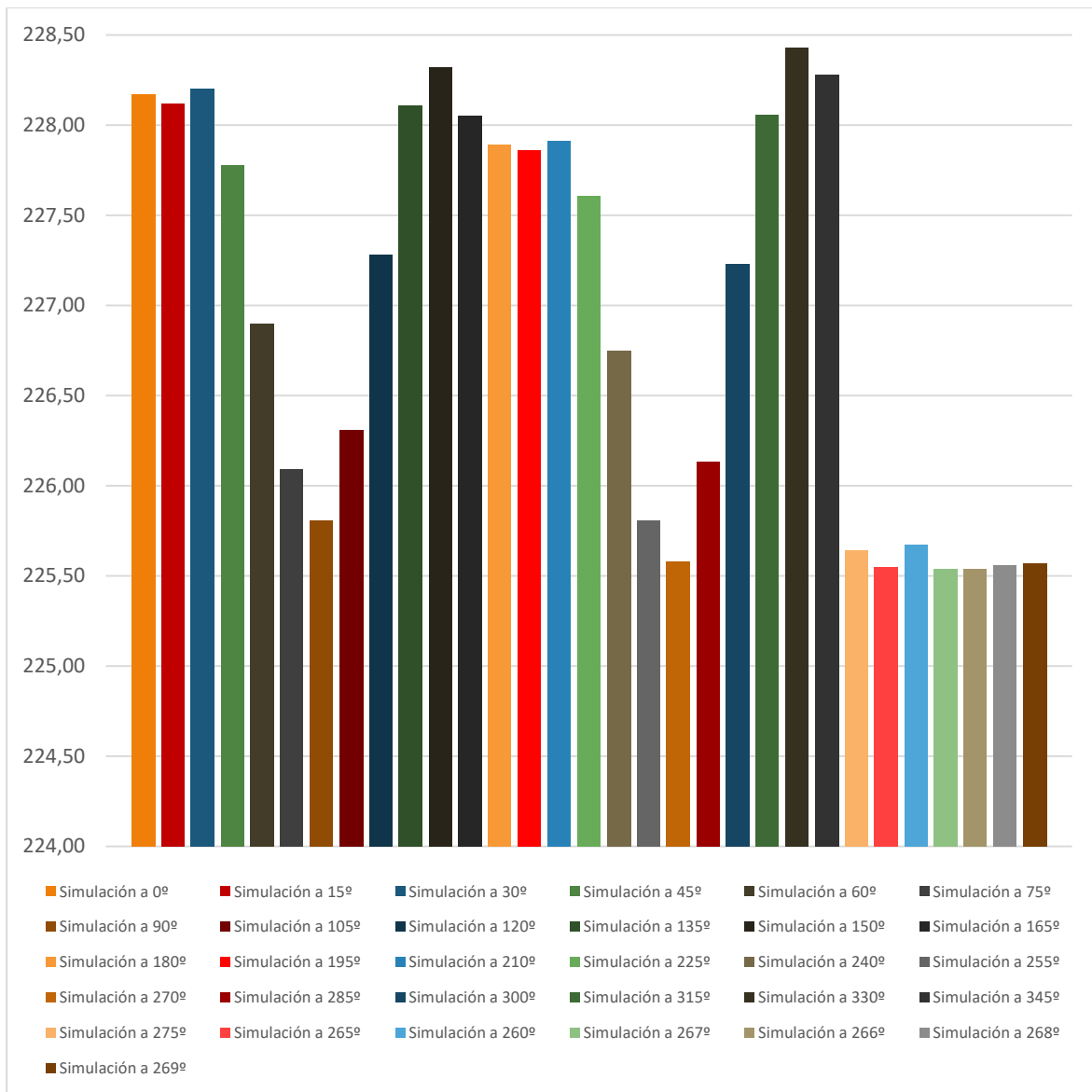
5.2.1. Simulaciones Base – m01c0M

Gráfico 5.2. Simulaciones iniciales del modelo 01, demandas en kWh/m².año



5.2.2. Simulaciones de Orientación – m01c01

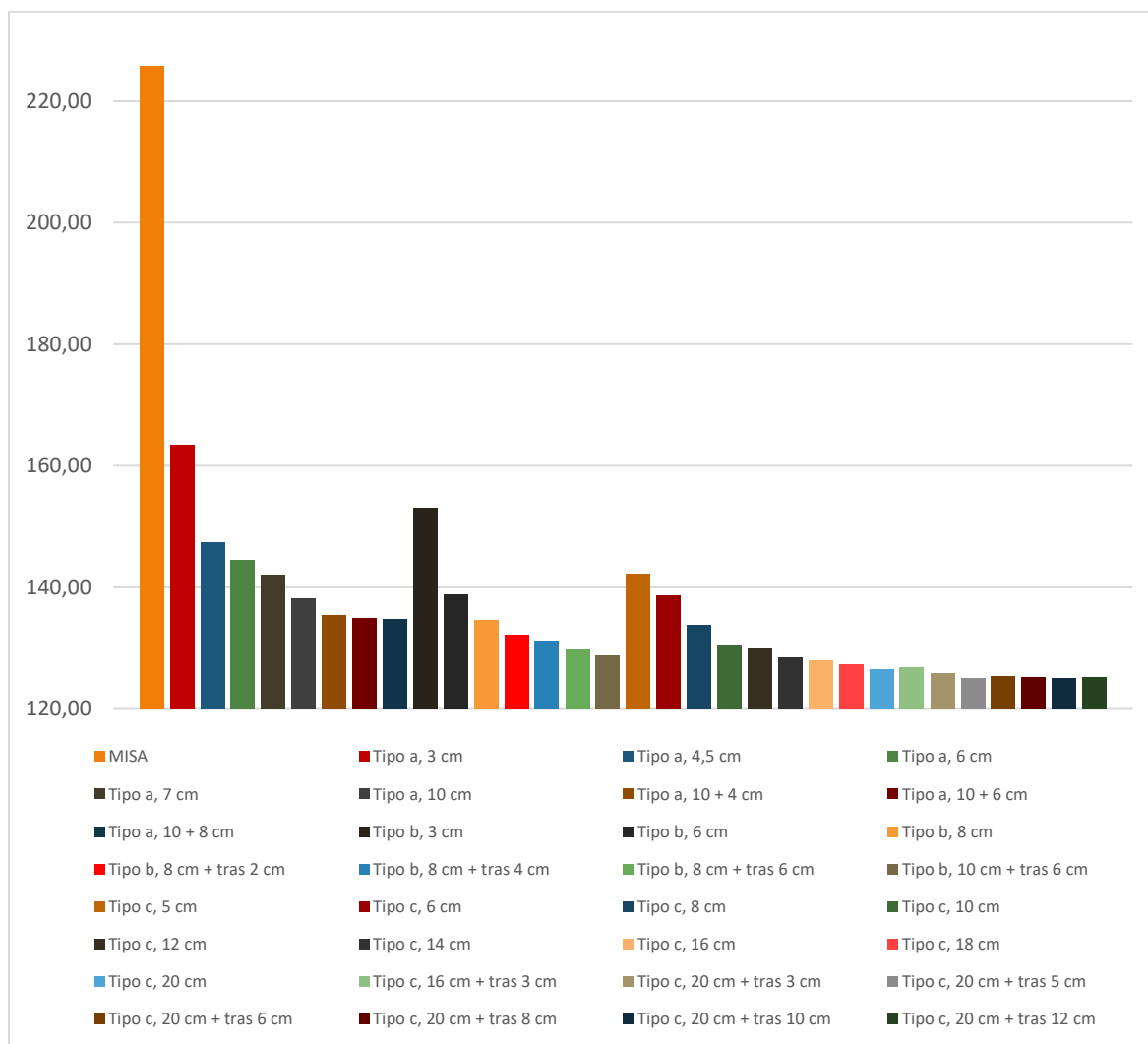
Gráfico 5.3. Simulaciones de orientación del modelo 01, demanda anual en kWh/m².año





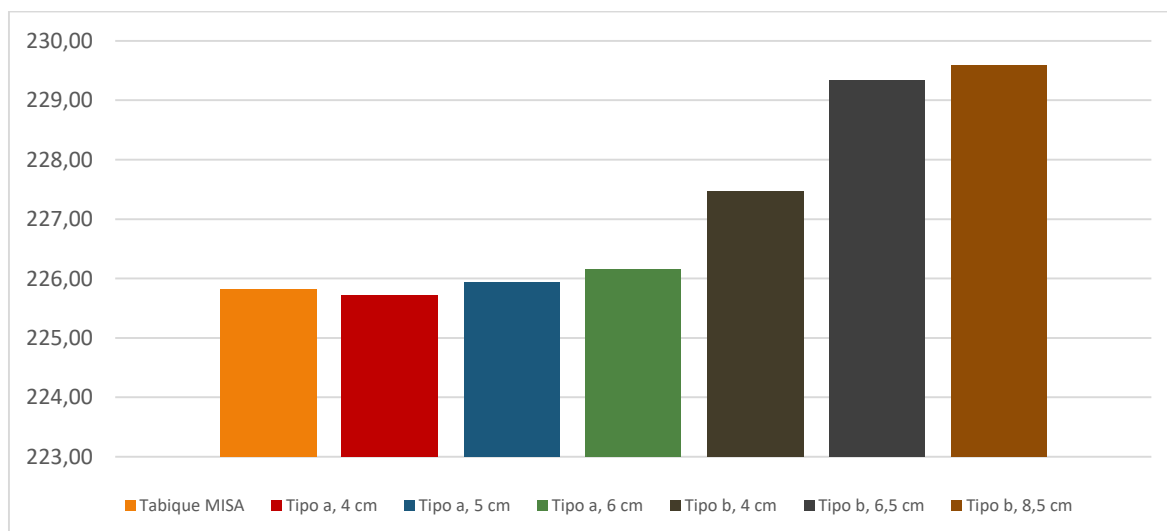
5.2.3. Simulaciones de Paramentos verticales - Fachadas – m01c0201

Gráfico 5.4. Simulaciones de fachadas del modelo 01, demanda anual en kWh/m²-año



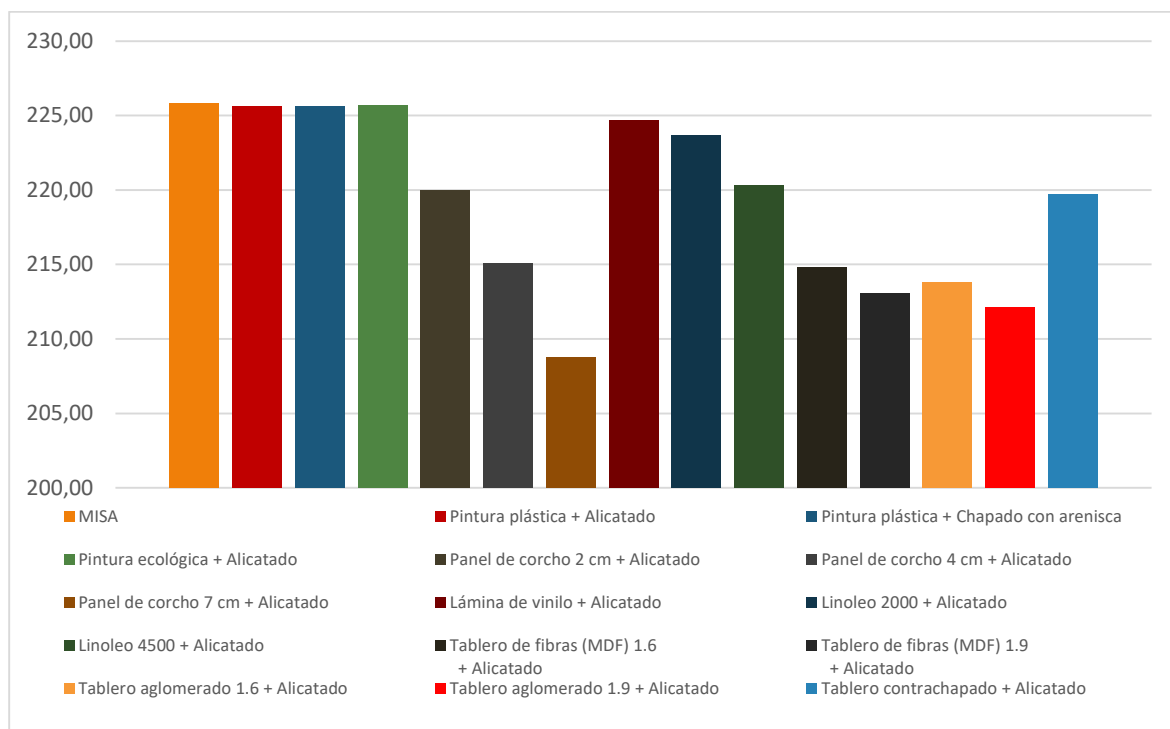
5.2.4. Simulaciones de Paramentos verticales - Tabiques – m01c0204

Gráfico 5.5. Simulaciones de tabiques del modelo 01, demanda anual en kWh/m²-año



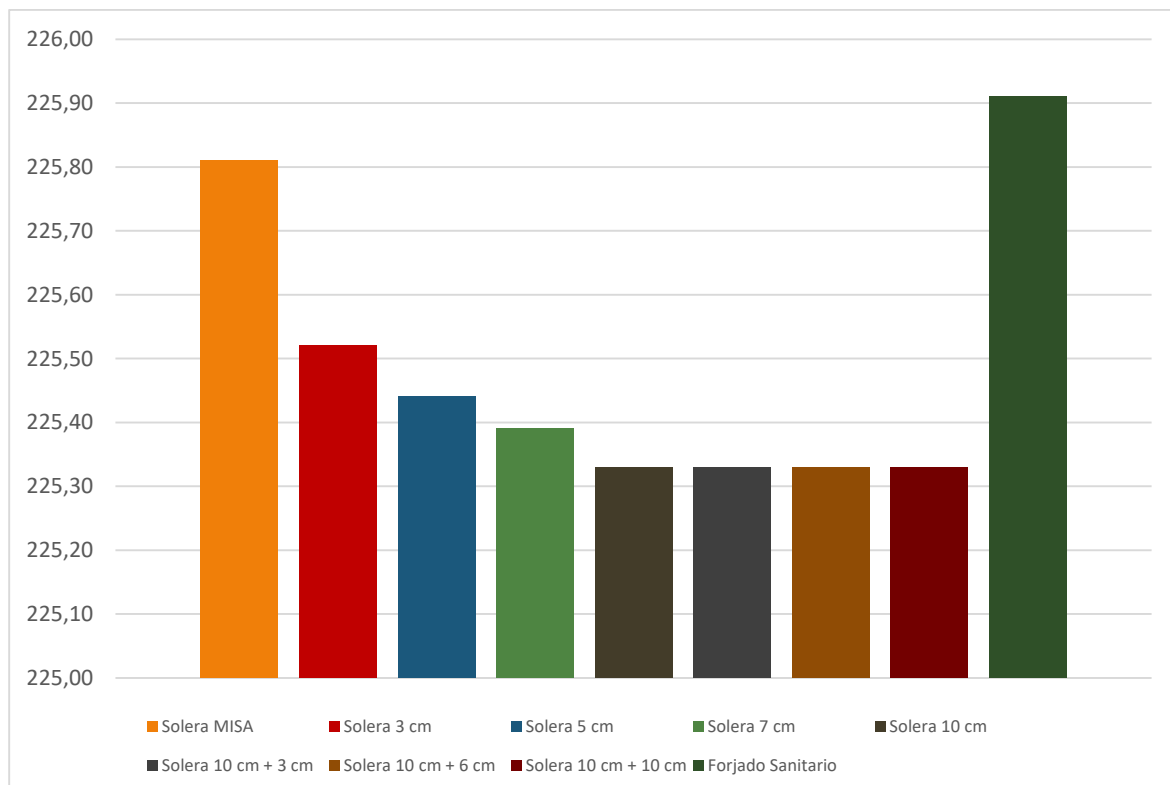
5.2.5. Simulaciones de Paramentos verticales - Acabados – m01c0206

Gráfico 5.6. Simulaciones de paramentos verticales acabados del modelo 01, demanda anual en kWh/m².año



5.2.6. Simulaciones de Paramentos horizontales en contacto con el terreno– m01c0301

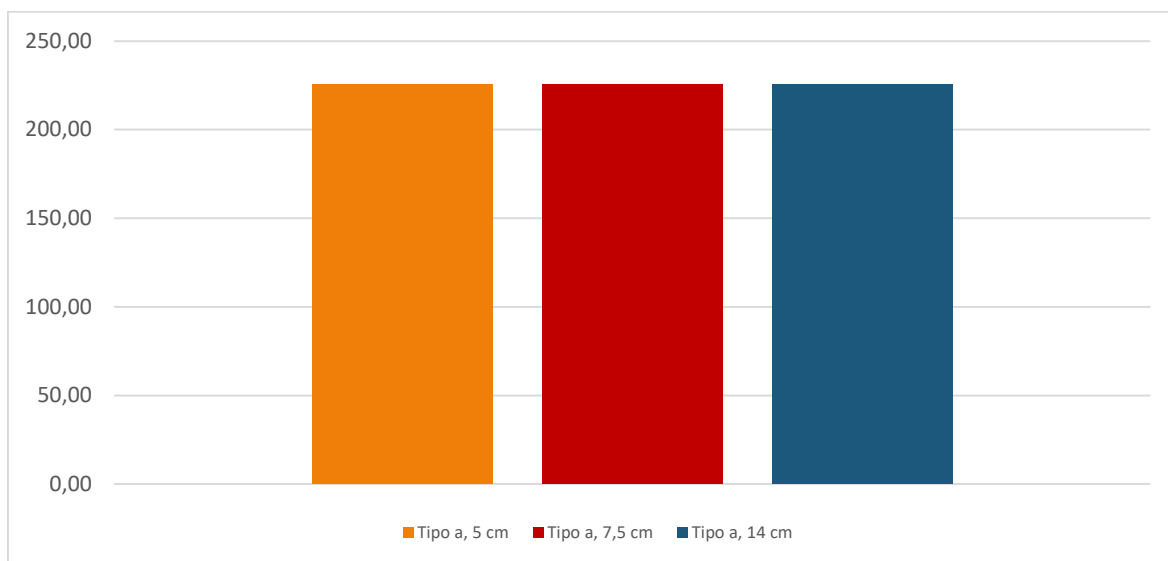
Gráfico 5.7. Simulaciones de paramentos horizontales en contacto con el terreno del modelo 01, demanda anual en kWh/m².año





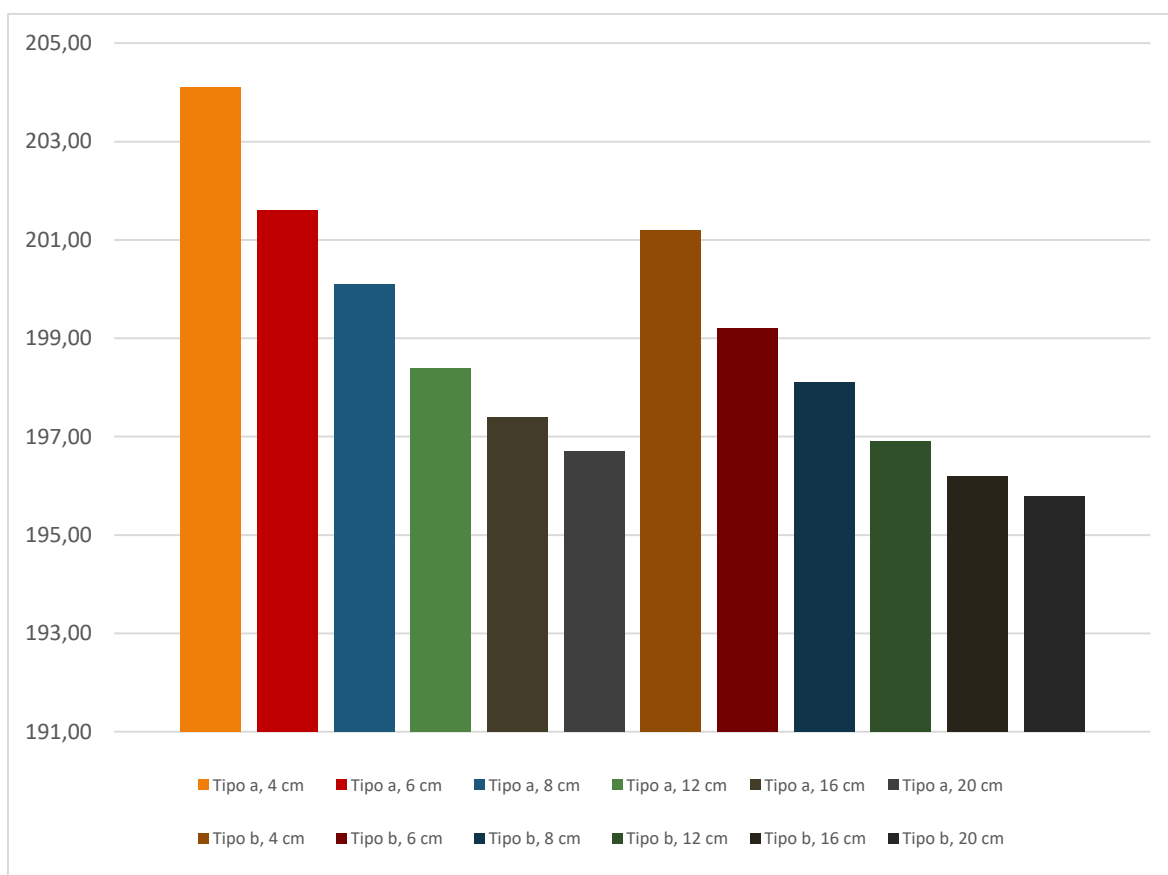
5.2.7. Simulaciones de Paramentos horizontales – Cubierta plana – m01c0302

Gráfico 5.8. Simulaciones de cubierta plana del modelo 01, demanda anual en kWh/m²-año



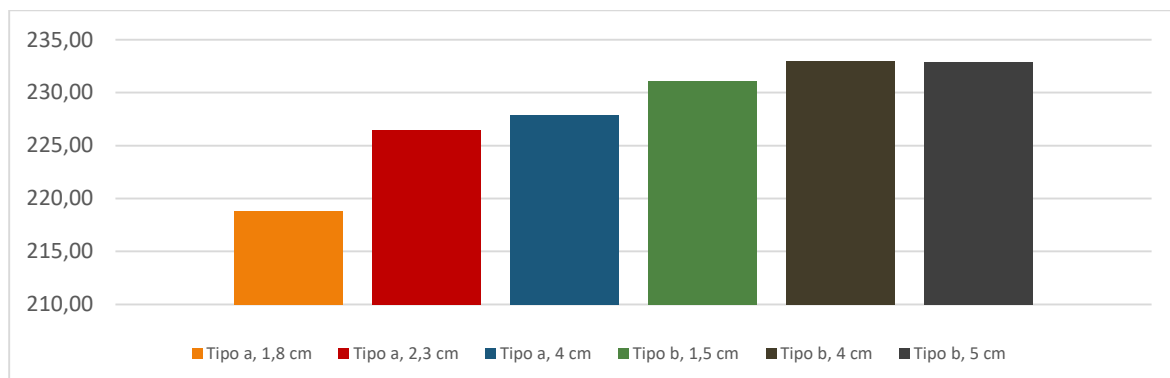
5.2.8. Simulaciones de Paramentos horizontales – Cubierta inclinada – m01c0303

Gráfico 5.9. Simulaciones de paramentos horizontales inclinados del modelo 01, demanda anual en kWh/m²-año



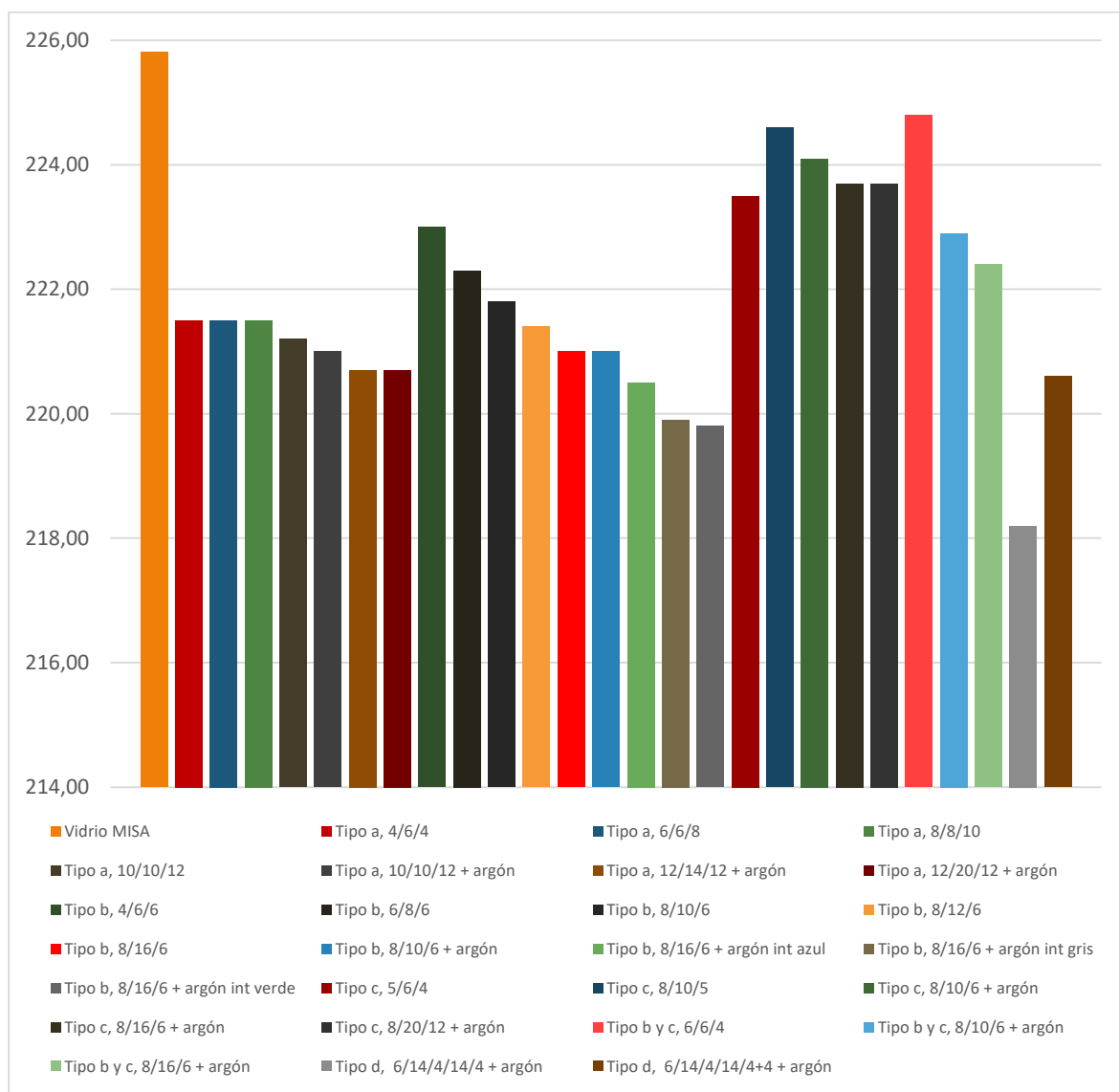
5.2.9. Simulaciones de Paramentos horizontales – Acabados – m01c0304

Gráfico 5.10. Simulaciones de paramentos horizontales acabados del modelo 01, demanda anual en kWh/m²-año



5.2.10. Simulaciones de Huecos acristalados - Vidrios – m01c0401

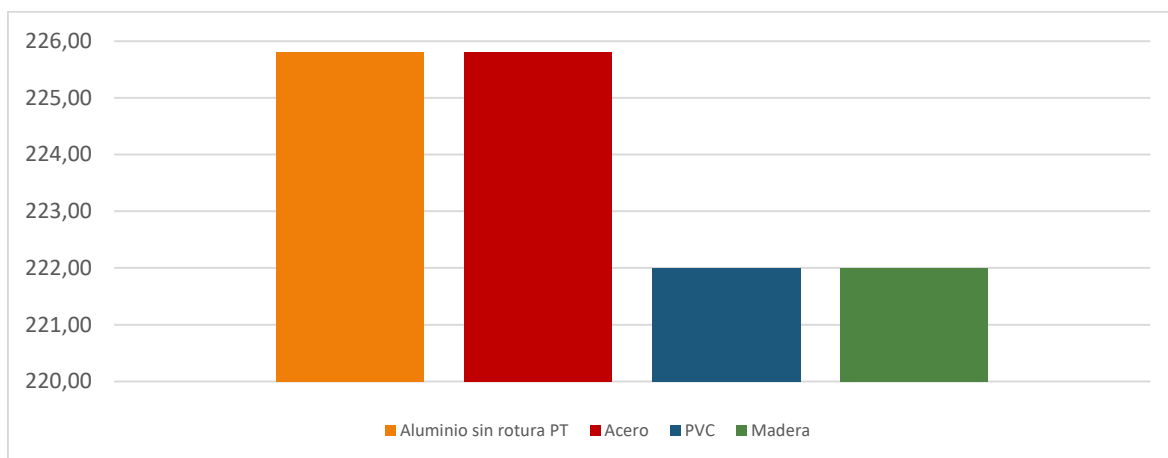
Gráfico 5.11. Simulaciones de ventanas del modelo 01, demanda anual en kWh/m²-año





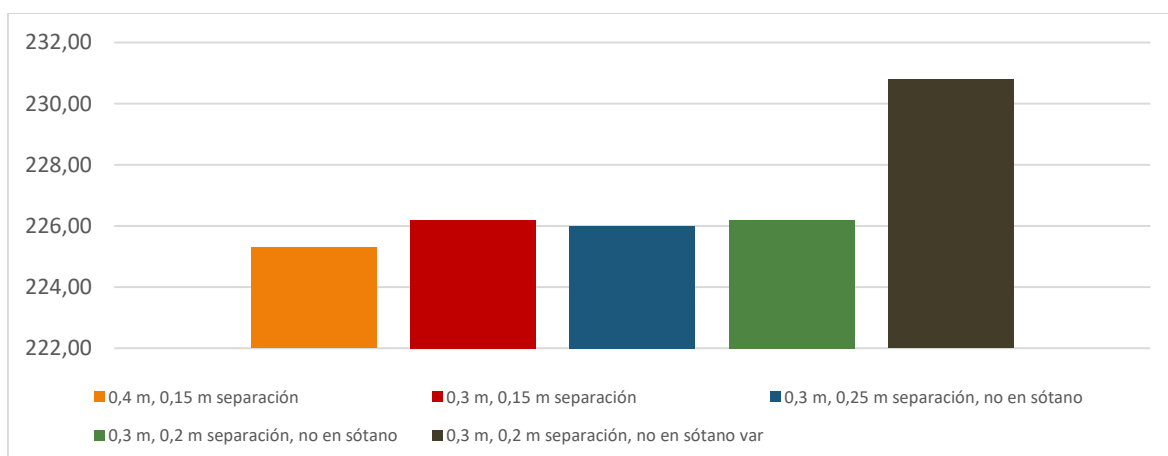
5.2.11. Simulaciones de Huecos acristalados - Marcos – m01c0401

Gráfico 5.12. Simulaciones de marcos / carpinterías del modelo 01, demanda anual en kWh/m²-año



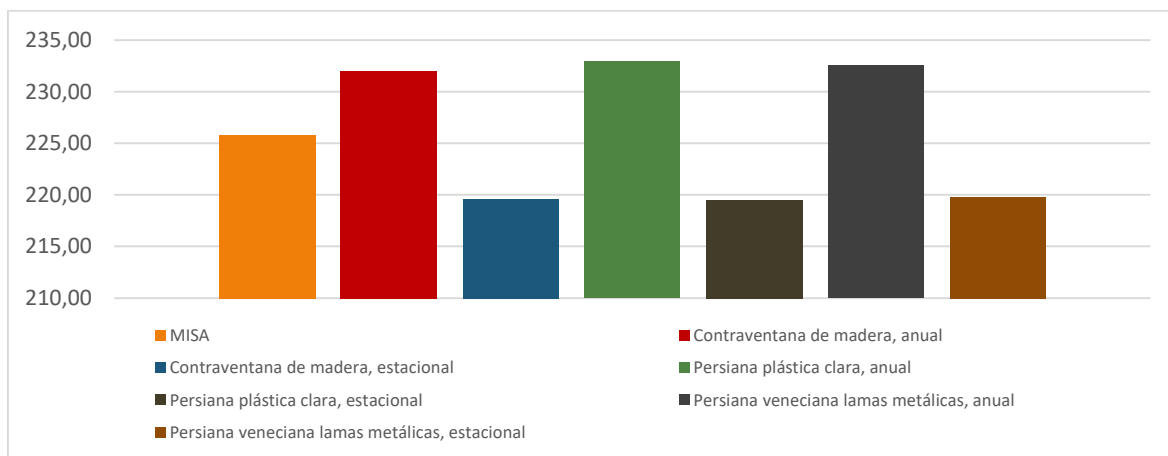
5.2.12. Simulaciones de Huecos acristalados - Sombreado – m01c0402

Gráfico 5.13. Simulaciones de sombreado huecos del modelo 01, demanda anual en kWh/m²-año



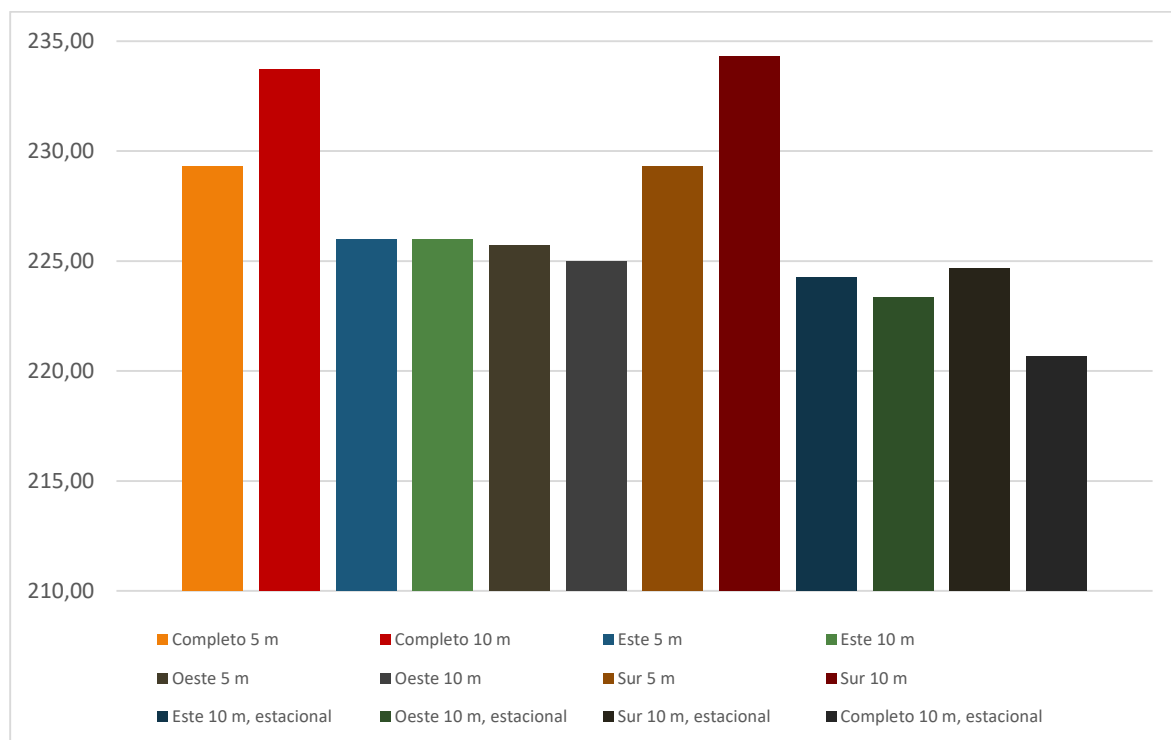
5.2.13. Simulaciones de Huecos acristalados - Protecciones – m01c0403

Gráfico 5.14. Simulaciones de protecciones huecos del modelo 01, demanda anual en kWh/m²-año



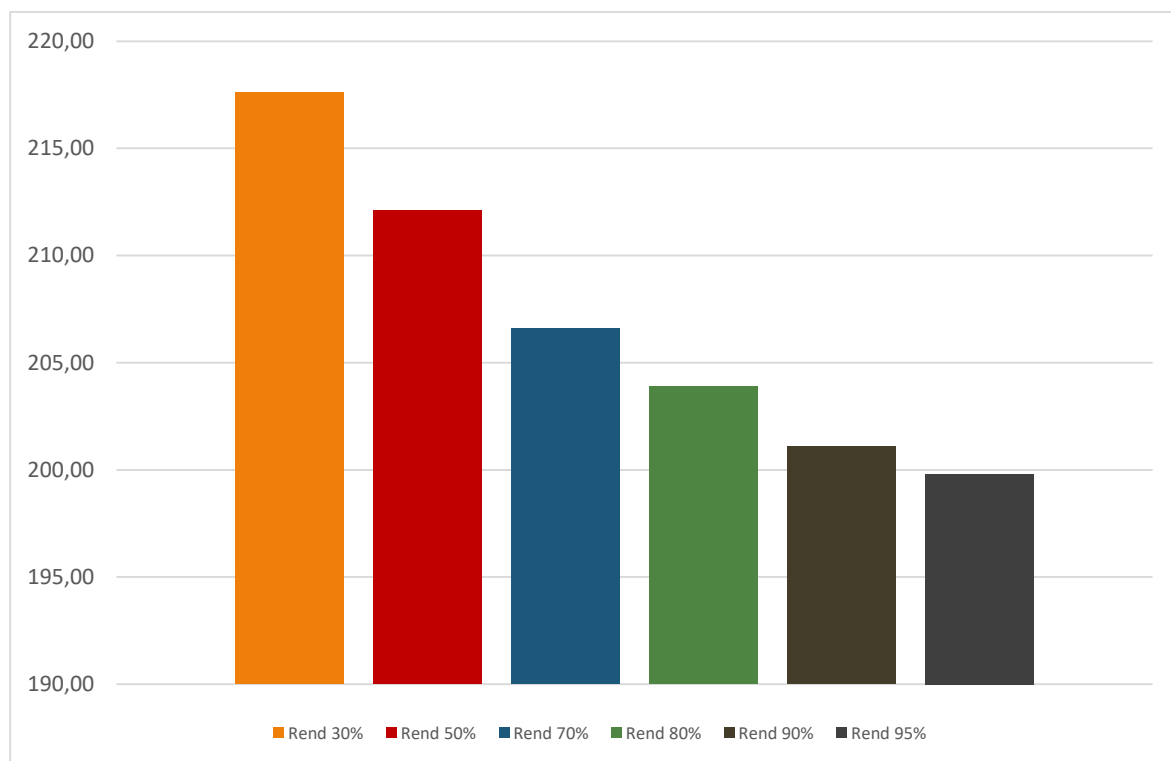
5.2.14. Simulaciones de Sombreados ajenos al edificio – m01c05

Gráfico 5.15. Simulaciones de sombreados edificio del modelo 01, demanda anual en kWh/m²-año



5.2.15. Simulaciones de Rendimiento de las instalaciones de ventilación – m01c07

Gráfico 5.16. Simulaciones de rendimiento del recuperador de calor del modelo 01, demanda anual en kWh/m²-año





5.3. Fase ALFA del modelo 02

Las simulaciones se realizan al igual que en el modelo anterior con Cypecad MEP. En la medida de lo posible se han utilizado los mismos elementos constructivos, si bien las diferentes geometrías lo imposibilitan. Por ejemplo, el modelo 02 no presenta muros de sótano o forjados entreplantas, en cambio cuenta con tabiques en contacto con espacios no habitables.

Como se indicó en el inicio del capítulo, una vez descrita la fase ALFA de la metodología en el apartado correspondiente al modelo 01, para el resto únicamente se muestran sus resultados y las variaciones con respecto a lo aplicado para el primer modelo.

Se inicia la metodología del mismo modo, partiendo de un modelo que sirve como referencia a lo largo de toda la fase (MISA). Como particularidad, el modelo 02 cuenta con forjados en voladizo y unos antepechos o pretiles en la cubierta, que proyectan sombras sobre el modelo, y son considerados como sombras propias en el proceso de cálculo. Las condiciones que definen los recintos, cargas internas, ocupación, ventilación, etc. son congruentes con lo indicado en el CTE (como se describió en el modelo 01) y permanecen constantes a lo largo de todas las simulaciones, a excepción de la categoría de condiciones interiores de los recintos, donde se varían los caudales de ventilación de la vivienda, permaneciendo el resto de las cargas según lo indicado por el CTE.

La demanda energética anual por metro cuadrado de este modelo inicial marca la línea base energética de referencia de la fase y tiene un valor de 194.78 kWh / (m²·año). Del mismo modo, para tener una base comparativa adicional, se realizan tres simulaciones fundamentadas en el cumplimiento del CTE DB HE (Gráfico 5.17).

Los principales resultados obtenidos en el modelo 02 se resumen en los siguientes puntos:

- Para el estudio de la orientación del edificio se realizan 34 simulaciones, siendo la de menor demanda anual la correspondiente a 84°. En el gráfico se puede observar claramente que el edificio con su forma cuadrangular alargada y sus huecos orientados en uno de los ejes presenta dos claros mínimos (Gráfico 5.18).
- Para las 38 simulaciones de fachadas se toman de nuevo las tres tipologías de muro descritas. Se observan los puntos de inflexión en los tres tipos. La aplicación de trasdosados en el tipo *c* empeora su comportamiento, la demanda del muro con 20 cm de aislamiento es menor que la del mismo muro con un trasdosado de cartón yeso y aislante de 3 cm. Únicamente cuando se simula un trasdosado de 8 cm de aislamiento (más los 20 cm del sate) se alcanzan valores inferiores (Gráfico 5.19).
- En la evaluación de los tabiques se mantiene aproximadamente constante la demanda anual cuando se estudian los del tipo de placas de yeso laminado, aunque se aumente su nivel de aislamiento (el descenso de la demanda es muy reducido, pero existe). Solo en los cambios de tipo se aprecian diferencias apreciables en la demanda, especialmente cuando se emplea la combinación de hoja de fábrica más trasdosados por ambos lados (Gráfico 5.20).
- En los tabiques en contacto con los espacios no habitables se produce un descenso prácticamente lineal en la demanda con respecto a la disminución de la transmitancia, respondiendo con el comportamiento esperado, aunque en valores absolutos relativamente bajos (Gráfico 5.21).
- La simulación de los diferentes tipos de acabados en los paramentos verticales muestra un comportamiento similar al del anterior modelo, solo cuando se emplean materiales de muy baja conductividad térmica los efectos son destacables (Gráfico 5.22).

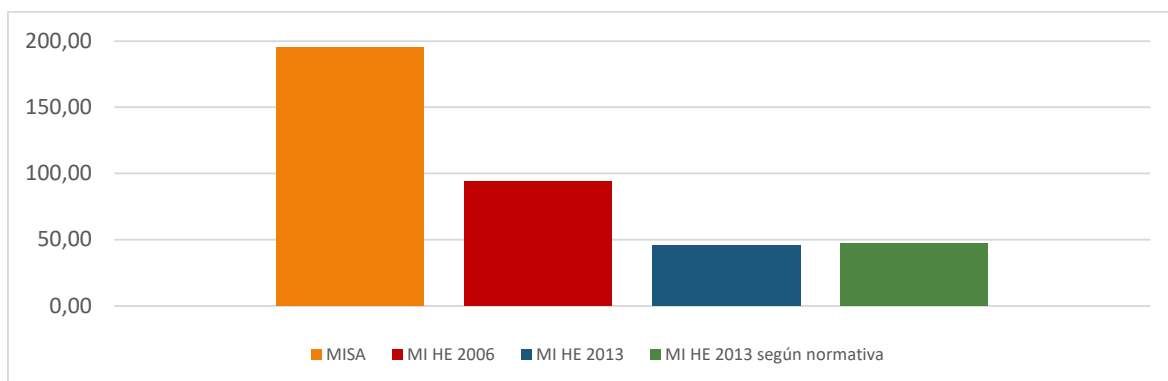
- Para los paramentos horizontales en contacto con el terreno se produce igualmente un punto de inflexión en la curva de representación de la demanda de las simulaciones (Gráfico 5.23). Se evalúan otros tipos constructivos como forjados sanitarios y losas de cimentación, siendo el más masivo el que produce una mayor disminución de la demanda. El empleo de bandas de aislantes perimetrales horizontales no produce mejoras considerables, en cambio la utilización de las bandas verticales, si bien no se aprecia adecuadamente en estas simulaciones (se evalúa su efecto en las simulaciones de análisis de puentes térmicos en la fase BETA del modelo), si tiene un efecto destacado en la demanda al reducir los puentes térmicos entre la fachada y el forjado.
- En el estudio de cubiertas se analizan diferentes tipos de soluciones constructivas, además de incrementar los niveles de aislamiento de la cubierta no transitable con respecto al MISA, se simulan cubiertas de diferentes colores (claro, oscuro e intermedio), ventiladas y vegetales, intensivas o extensivas (denominadas ecológicas por su reducido mantenimiento y necesidad de agua) (Gráfico 5.24).
- Las simulaciones de los acabados en los forjados presentan resultados diametralmente opuestos a los del modelo 01, produciéndose un descenso muy apreciable en la demanda cuando se emplean suelos flotantes con aislamientos. Se simulan, además, falsos techos continuos con o sin aislamiento y soleras secas (Gráfico 5.25).
- Las simulaciones de los diferentes tipos de vidrio de los huecos también presentan diferencias, perdiéndose en gran medida el efecto que se apreciaba por la variación del factor solar en el anterior modelo (Gráfico 5.26).
- Con respecto a los diferentes tipos de marcos se incrementa el número de simulaciones incorporando nuevos materiales al detectarse la poca incidencia de la categoría en la demanda del modelo anterior. Se incorporan diferentes tipos de maderas, conjuntos de madera y aluminio y otras carpinterías prefabricadas (Gráfico 5.27).
- Se sigue un procedimiento equivalente al del modelo anterior para las simulaciones del sombreado en los huecos, planteando diferentes configuraciones de elementos de sombra según las orientaciones y otros parámetros (Gráfico 5.28).
- Las simulaciones de los diferentes tipos de protecciones en huecos son equivalentes (Gráfico 5.29).
- Se simulan 12 diferentes configuraciones de sombreados ajenos al edificio reduciéndose la demanda (Gráfico 5.30).
- Se incorpora una nueva categoría en la que se modifica la definición de las condiciones de los recintos, según CTE, orden FOM y estándar Passivhaus (Gráfico 5.31).
- Finalmente se realizan las simulaciones de la variación del rendimiento del recuperador de calor (Gráfico 5.32).

En los siguientes apartados pueden observarse los gráficos que representan las simulaciones de la fase ALFA del modelo 02 y en el Anexo se recogen de forma resumida. El listado completo de las soluciones escogidas en cada categoría puede consultarse en la fase BETA del modelo.



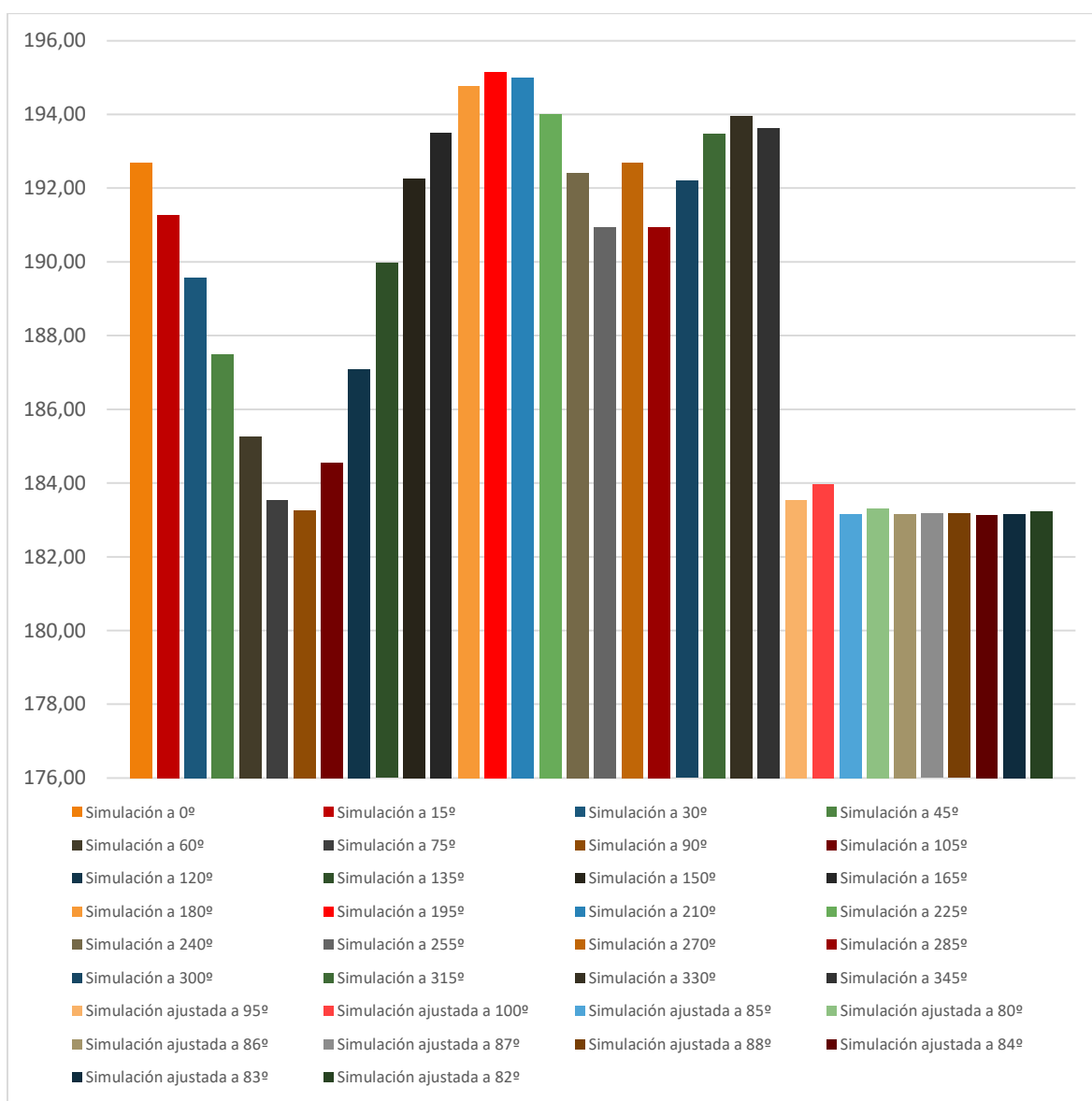
5.3.1. Simulaciones Base – m02c0M

Gráfico 5.17. Simulaciones iniciales del modelo 02, demanda anual en kWh/m²-año



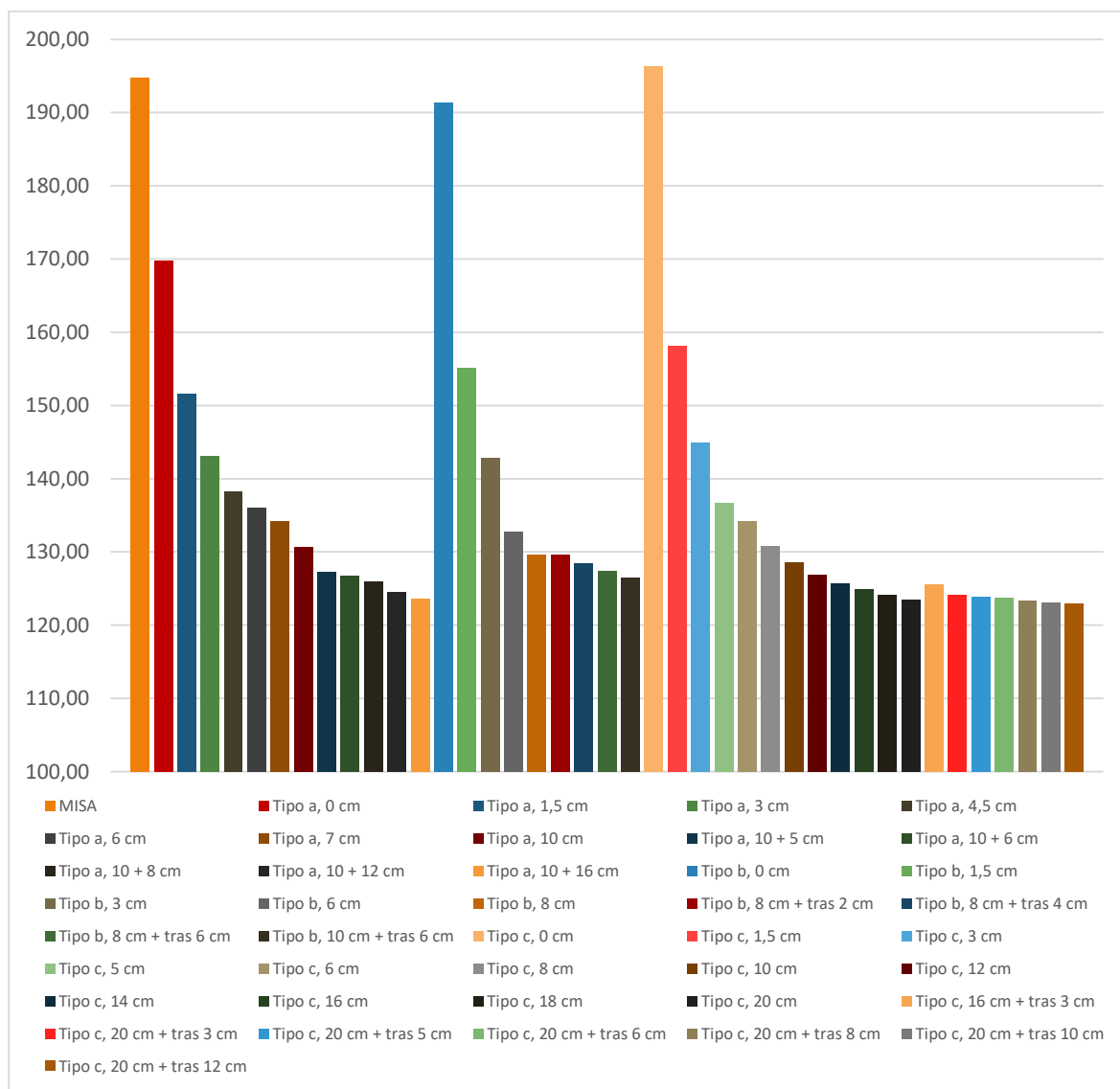
5.3.2. Simulaciones de Orientación – m02c01

Gráfico 5.18. Simulaciones de orientación del modelo 02, demanda anual en kWh/m²-año



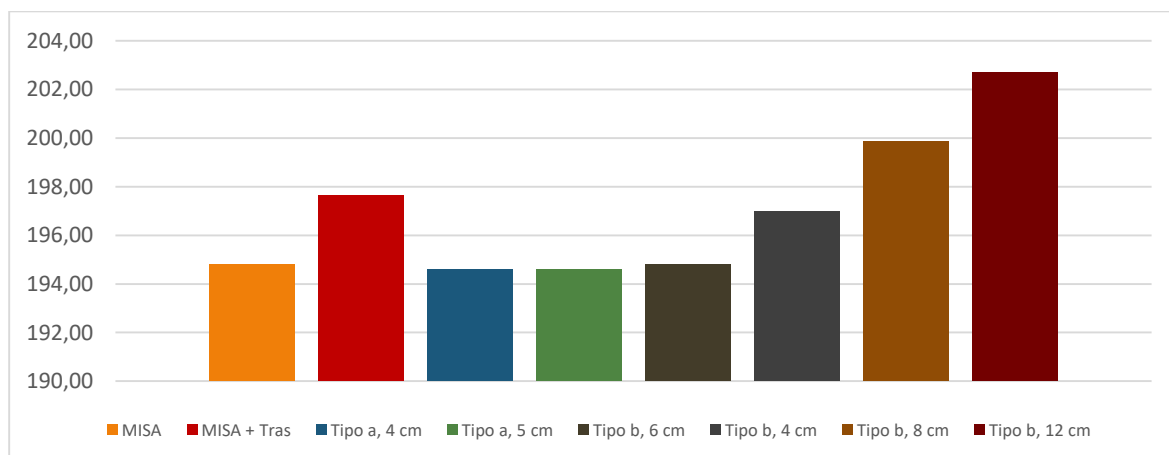
5.3.3. Simulaciones de Paramentos verticales - Fachadas – m02c0201

Gráfico 5.19. Simulaciones de fachadas del modelo 02, demanda anual en kWh/m²-año



5.3.4. Simulaciones de Paramentos verticales - Tabiques – m02c0204

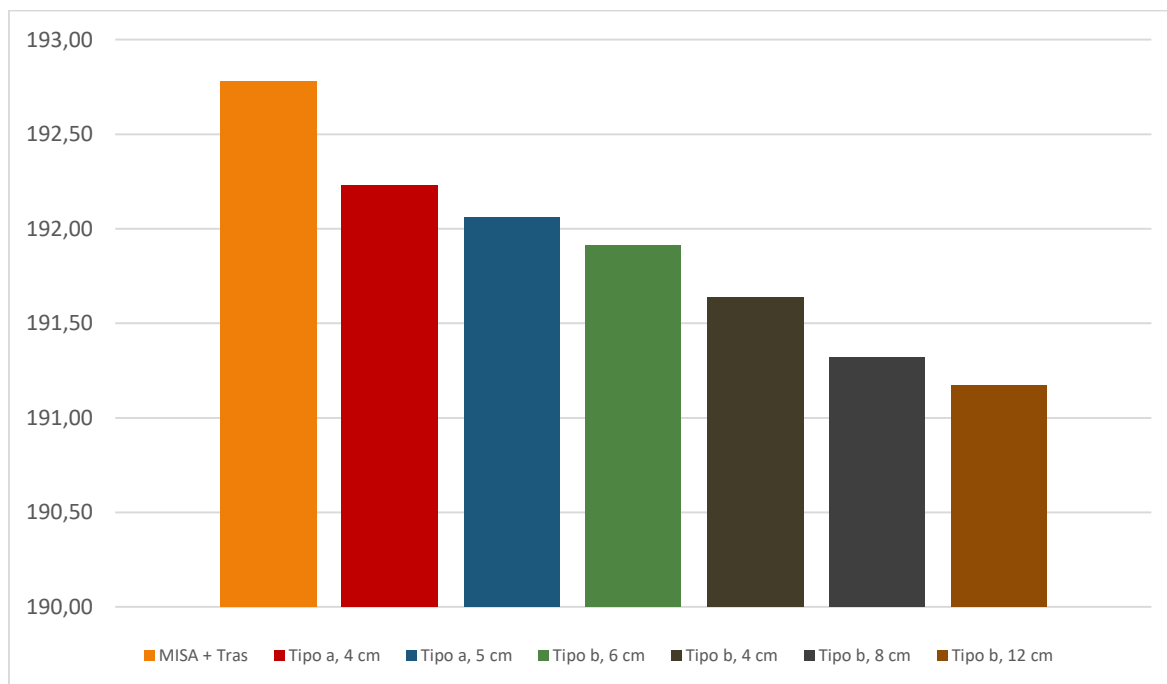
Gráfico 5.20. Simulaciones de tabiques del modelo 02, demanda anual en kWh/m²-año





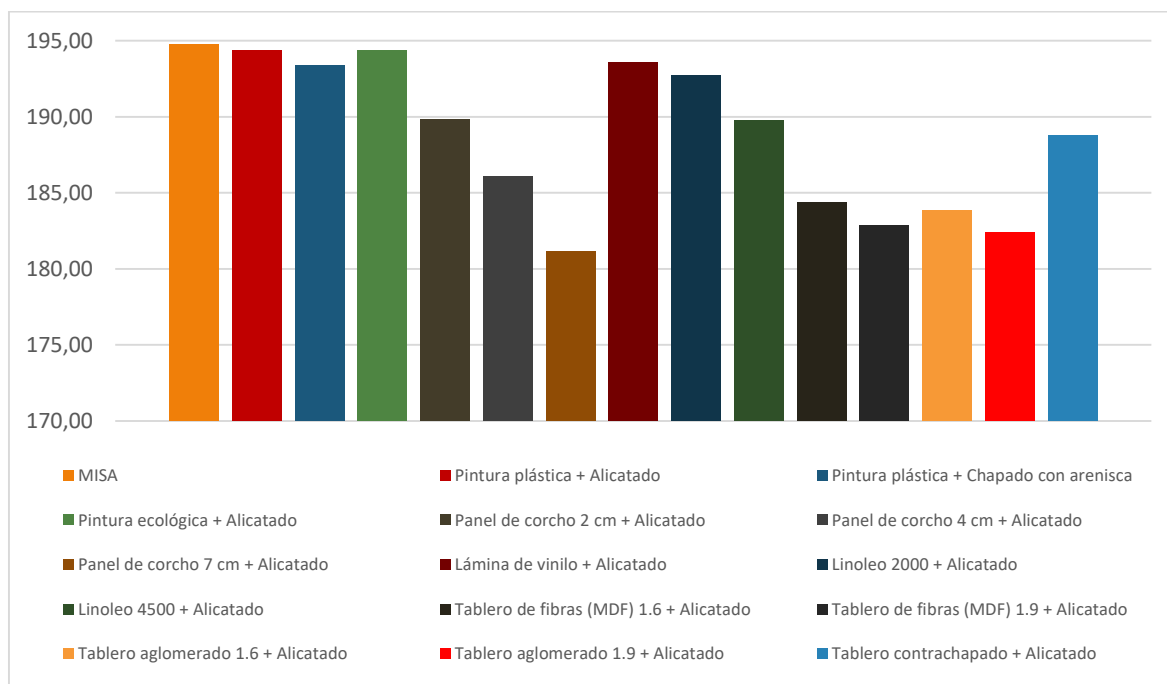
5.3.5. Simulaciones de Paramentos verticales - Tabiques en contacto con zonas no habitables – m02c0205

Gráfico 5.21. Simulaciones de tabiques en contacto con espacios no habitables del modelo 02, demanda anual en kWh/m².año



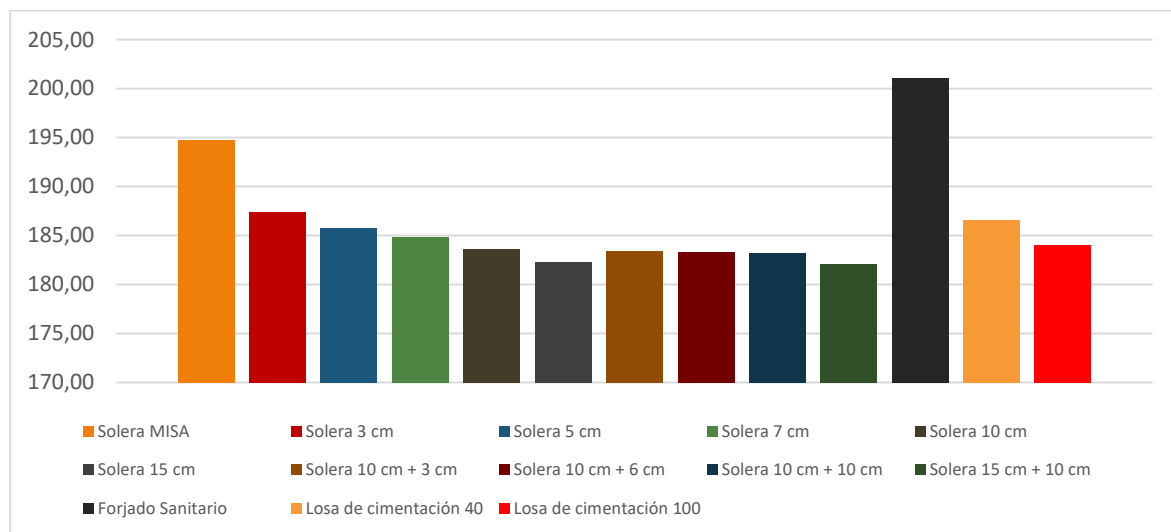
5.3.6. Simulaciones de Paramentos verticales - Acabados – m02c0206

Gráfico 5.22. Simulaciones de paramentos verticales acabados del modelo 02, demanda anual en kWh/m².año



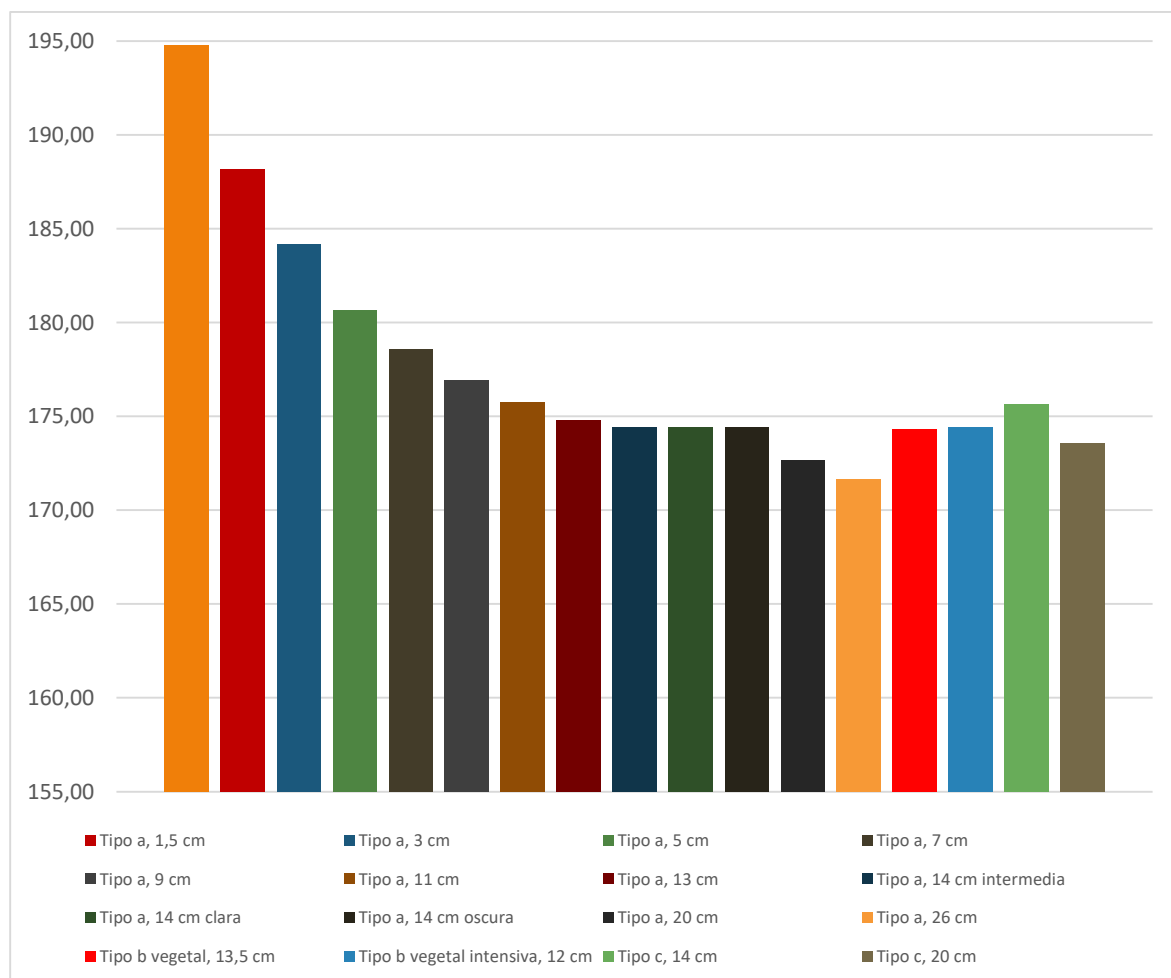
5.3.7. Simulaciones de Paramentos horizontales en contacto con el terreno—m02c0301

Gráfico 5.23. Simulaciones de paramentos horizontales en contacto con el terreno del modelo 02, demanda anual en kWh/m².año



5.3.8. Simulaciones de Paramentos horizontales – Cubierta plana – m02c0302

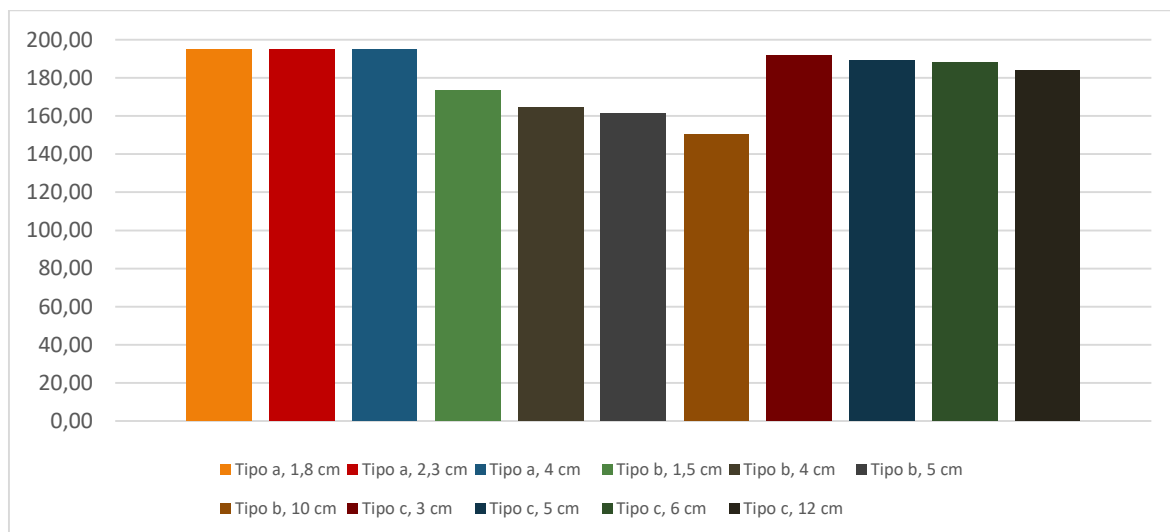
Gráfico 5.24. Simulaciones de cubiertas del modelo 02, demanda anual en kWh/m².año





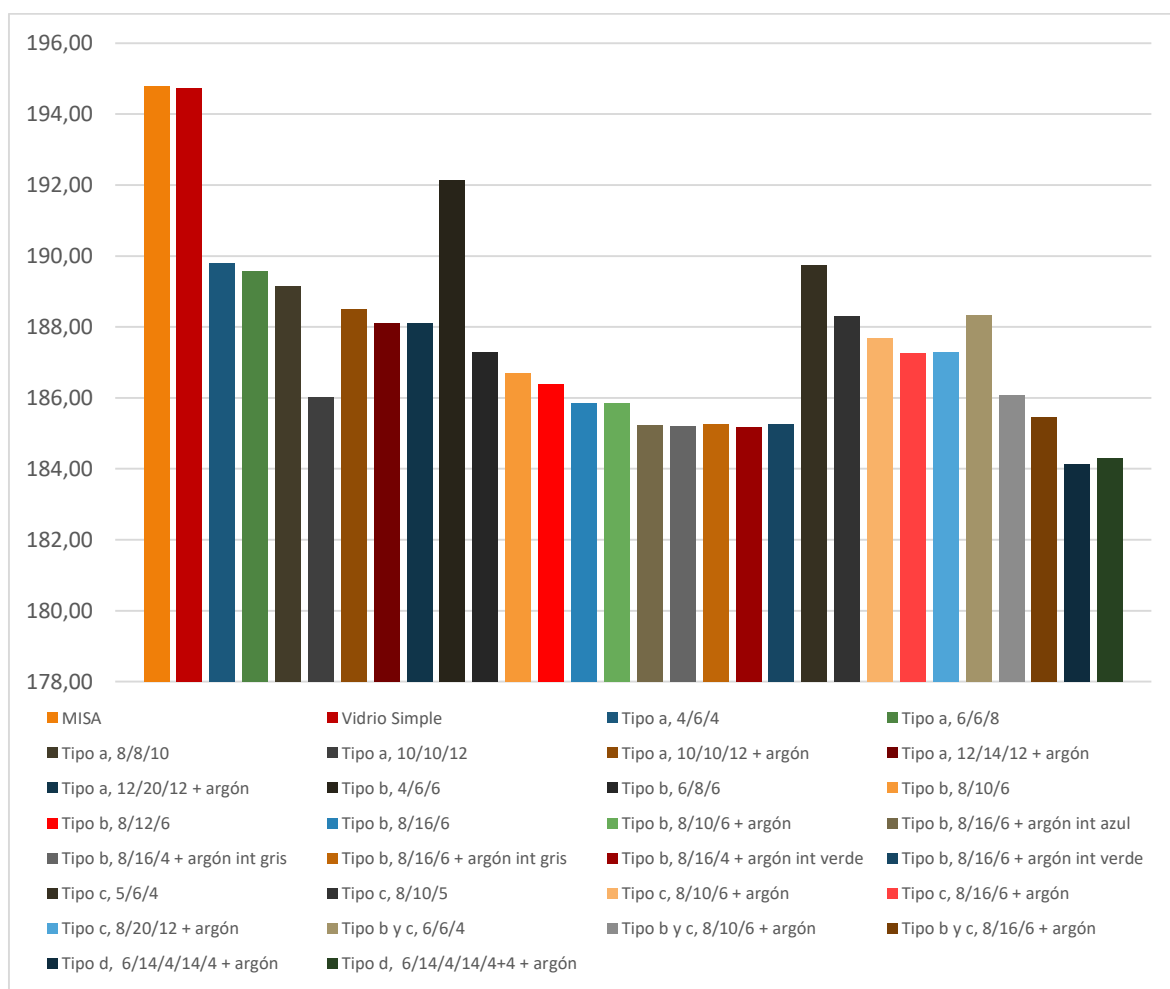
5.3.9. Simulaciones de Paramentos horizontales – Acabados – m02c0304

Gráfico 5.25. Simulaciones de paramentos horizontales acabados del modelo 02, demanda anual en kWh/m².año



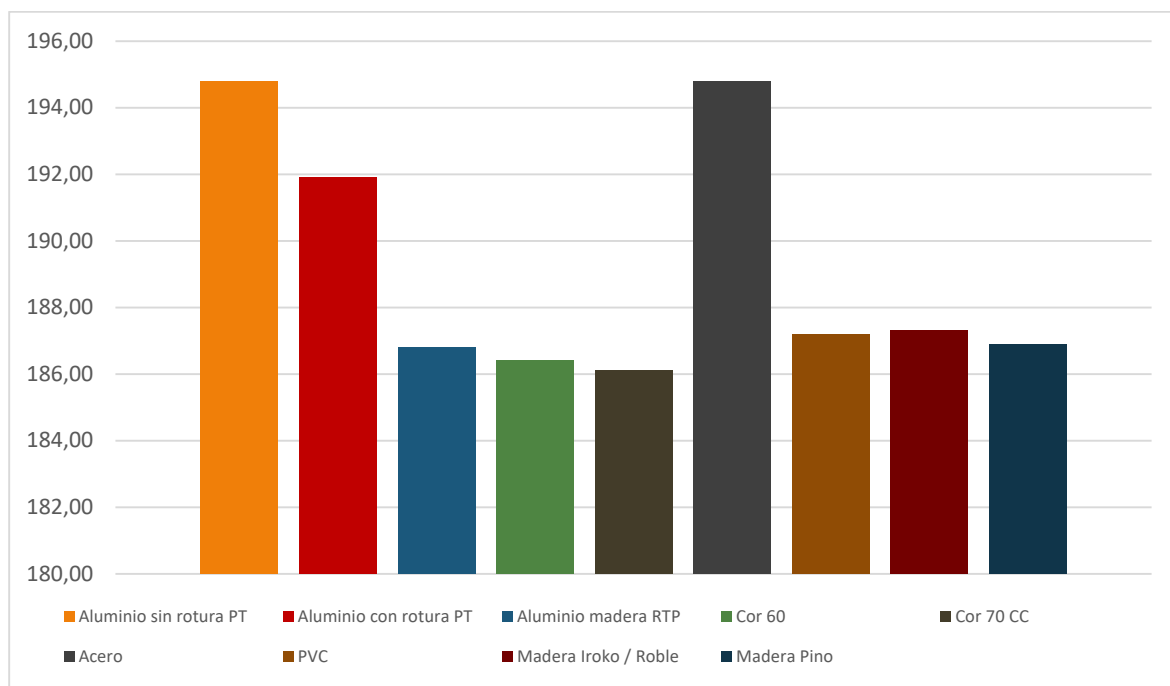
5.3.10. Simulaciones de Huecos acristalados - Vidrios – m02c0401

Gráfico 5.26. Simulaciones de ventanas del modelo 02, demanda anual en kWh/m².año



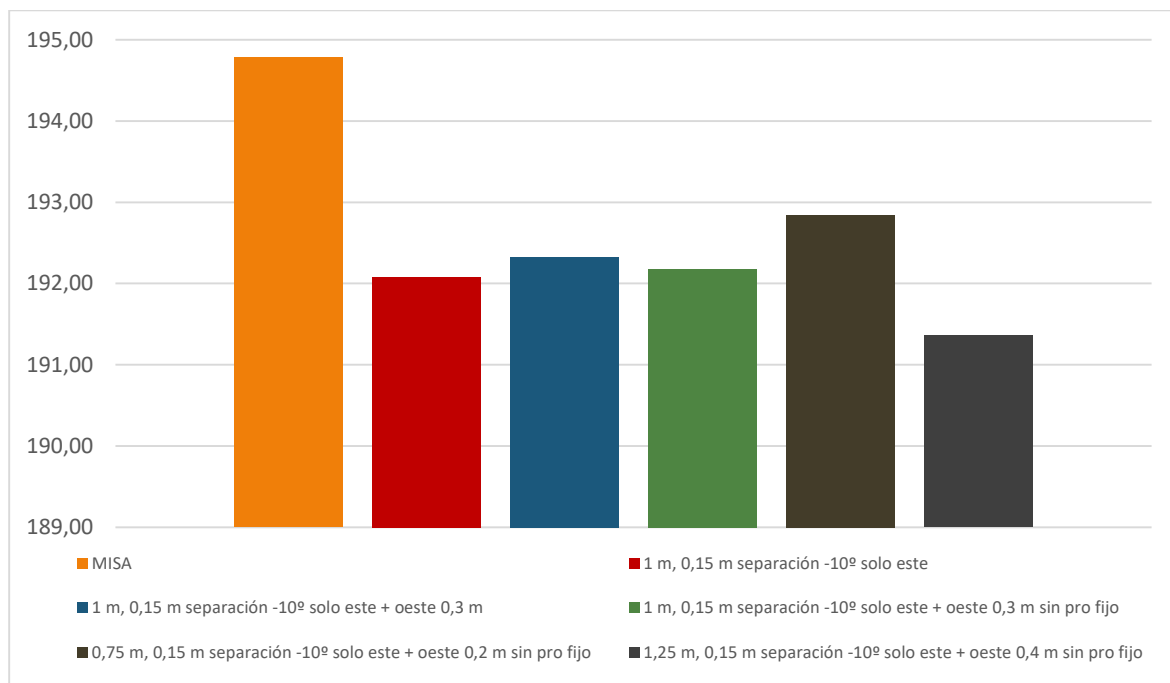
5.3.11. Simulaciones de Huecos acristalados - Marcos – m02c0401

Gráfico 5.27. Simulaciones de marcos del modelo 02, demanda anual en kWh/m².año



5.3.12. Simulaciones de Huecos acristalados - Sombreado – m02c0402

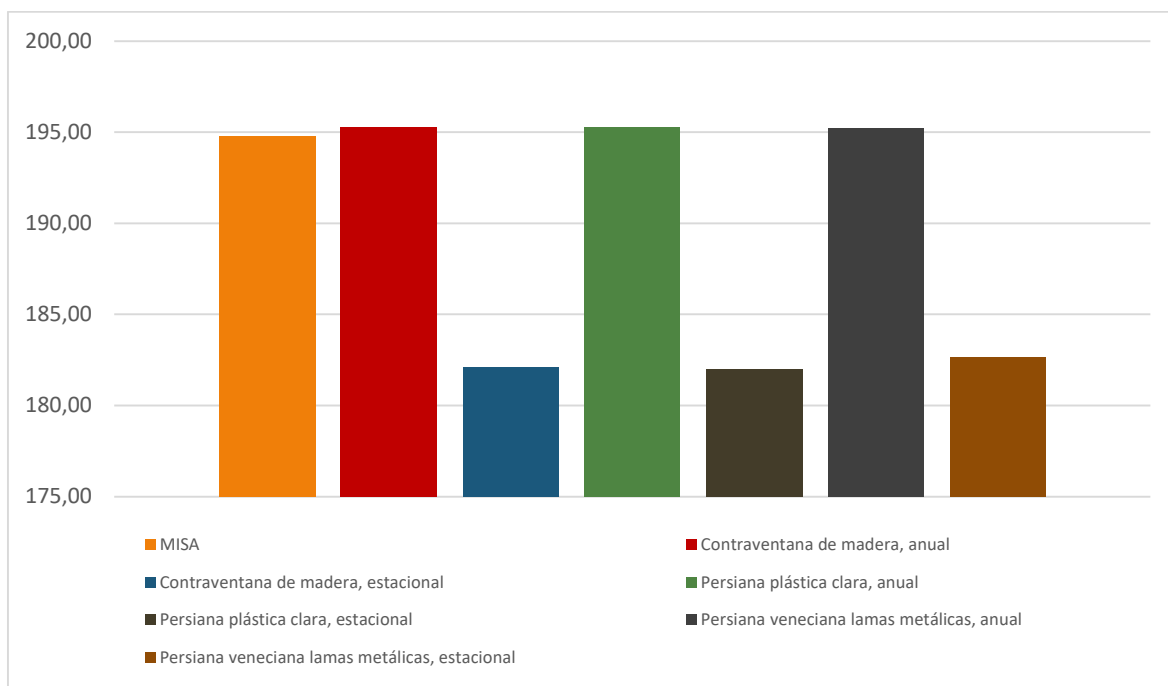
Gráfico 5.28. Simulaciones de huecos sombreado del modelo 02, demanda anual en kWh/m².año





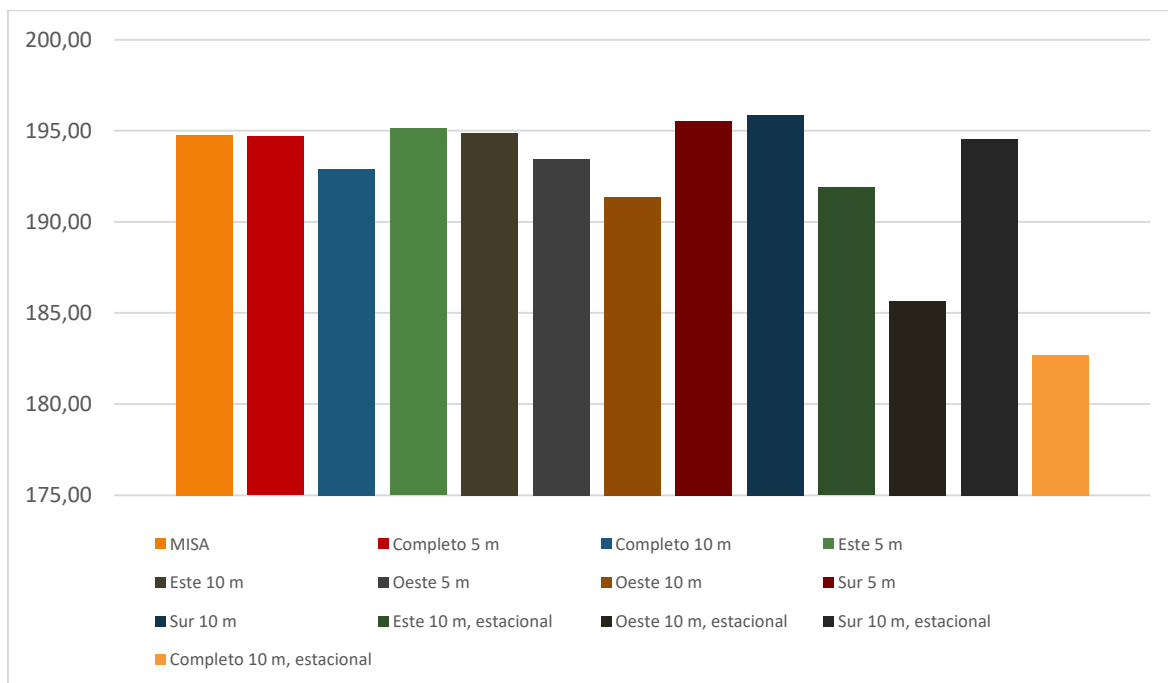
5.3.13. Simulaciones de Huecos acristalados - Protecciones – m02c0403

Gráfico 5.29. Simulaciones de huecos protecciones del modelo 02, demanda anual en kWh/m²-año



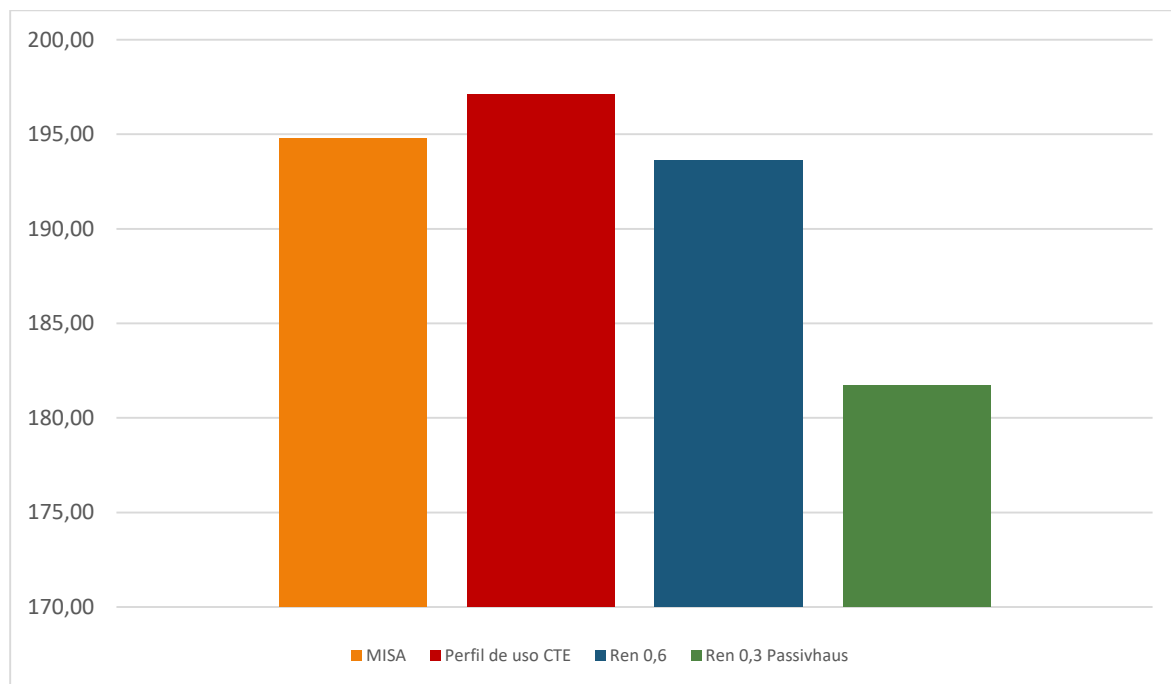
5.3.14. Simulaciones de Sombreados ajenos al edificio – m02c05

Gráfico 5.30. Simulaciones de sombreados ajenos al edificio del modelo 02, demanda anual en kWh/m²-año



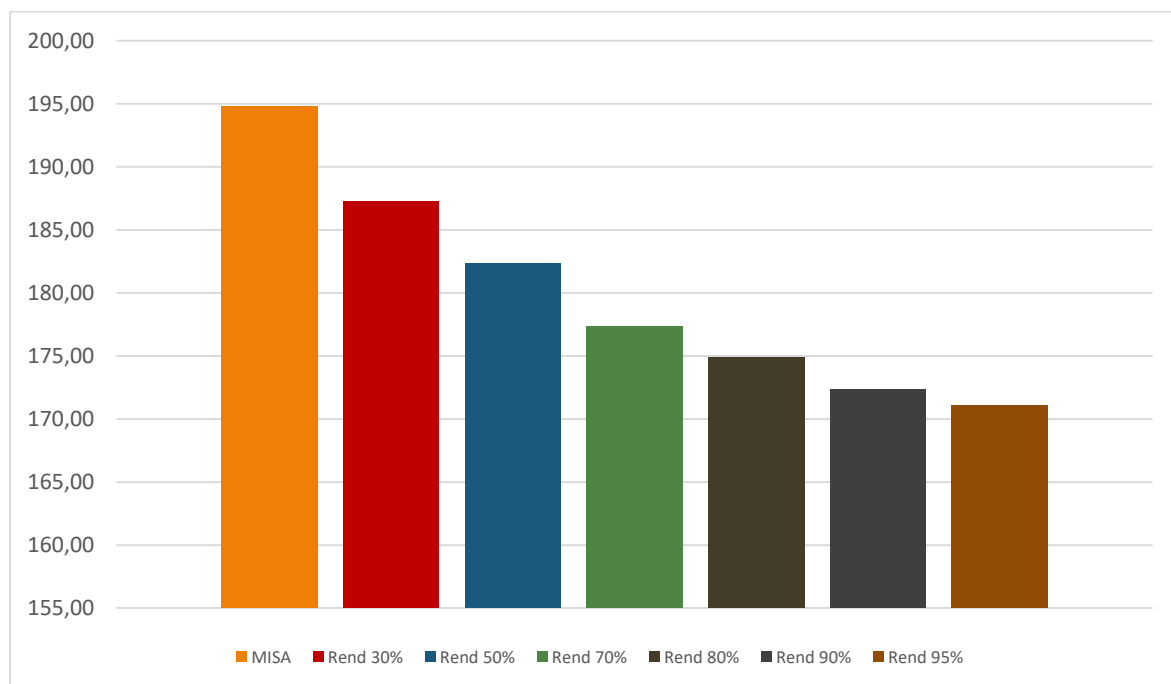
5.3.15. Simulaciones de Definición de recintos – m02c06

Gráfico 5.31. Simulaciones de condiciones definición de recinto del modelo 02, demanda anual en kWh/m²-año



5.3.16. Simulaciones de Rendimiento de las instalaciones de ventilación – m02c07

Gráfico 5.32. Simulaciones de rendimiento de las instalaciones de ventilación del modelo 02, demanda anual en kWh/m²-año





5.4. Fase ALFA del modelo 02+

Las simulaciones se realizan mediante Cypetherm Eplus, con el motor de cálculo de EnergyPlus, adaptándose las definiciones de las características técnicas y las categorías al entorno del software. Para ello se adaptan las simulaciones base, incluyendo:

- Simulación inicial sin medidas de eficiencia energética realizada con Cypecad MEP, siguiendo las mismas indicaciones que en los modelos anteriores.
- Modelo MISAE+, modelo inicial sin aislamiento en EnergyPlus, con las mismas características constructivas que el MISA del modelo 02 pero adaptadas a los requisitos de Cypetherm Eplus / EnergyPlus. Los modelos son geoméricamente idénticos puesto que han sido realizados a partir del mismo modelo IFC (BIM). Las condiciones de cargas térmicas y perfiles de uso de los recintos se han introducido manualmente en el software según las condiciones indicadas en el CTE.
- Un modelo que muestra los límites normativos del HE 1 del CTE HE 2013 aplicado al edificio.
- Finalmente, tres modelos sobre los que se han aplicado diferentes soluciones pasivas para superar los límites del CTE y servir como modelos de referencia.

La demanda energética anual por metro cuadrado del modelo inicial marca la línea base energética de referencia de la fase y tiene un valor de 127,98 kWh / (m²-año) (Gráfico 5.33).

Las diferencias con las categorías de modelos previos son:

- Se incorporan las categorías de análisis de la inercia térmica en muros y forjados.
- Se eliminan las categorías de acabados.
- Se elimina la categoría de sombreados ajenos.

Al realizar simulaciones del mismo edificio con dos modelos distintos, 02 y 02+, mediante diferentes programas, se pueden comparar los resultados. Partiendo de la base de que el nivel de precisión superior de EnergyPlus ya ha sido constatado en un capítulo anterior, se consideran como más representativas del edificio real las simulaciones realizadas en este modelo. A pesar de ello, el método basado en la norma UNE-EN ISO 13790 muestra resultados que, si bien son diferentes en valor, al analizar las tendencias en las categorías si puede apreciarse la similitud del comportamiento energético de ambos modelos, además, la mayor simplicidad del procedimiento de cálculo reduce los tiempos de simulación considerablemente (tiempo más de diez veces menor en algunos modelos).

Los principales resultados obtenidos han sido:

- Para el estudio de la orientación del edificio se realizan 36 simulaciones, siendo la de menor demanda anual la orientada a 0°, existe un desfase de 90° con respecto al origen en la definición de los grados de los dos programas, por lo tanto, hay una diferencia de 6 grados en la orientación óptima de los modelos (Gráfico 5.34).
- Para la simulación de fachadas se toman de nuevo las tres tipologías de muro en 43 variaciones y se vuelven a observar los puntos de inflexión en los tres tipos. Se confirma el efecto, encontrado en el modelo 02, en la aplicación de trasdosados para los muros tipo c, repitiéndose el empeoramiento de la demanda con la incorporación del elemento (Gráfico 5.35).
- El motor de cálculo de EnergyPlus caracteriza los muros considerando la ubicación de los efectos de la inercia térmica sobre sus capas (al contrario que el método de la norma UNE-EN ISO 13790 que solo ajusta los resultados mediante un factor de corrección). Por ello se introduce en este modelo una comprobación mediante 2 simulaciones en las que se dispone el aislamiento en el exterior y en el interior, para una misma

transmitancia en el muro, resultando de menor demanda energética la simulación del aislamiento exterior (Gráfico 5.36).

- Las simulaciones de tabiques muestran un comportamiento interesante, obteniéndose la menor demanda energética en el tabique del modelo MISA, aumentado en las simulaciones de entramado autoportante de placas de yeso laminado (tipo *a*), manteniéndose constante en ellas, aunque se aumentara el aislamiento, y volviendo a disminuir, aunque a niveles superiores que en modelo inicial en las simulaciones de tabiques de una hoja con trasdosado en ambas caras (tipo *b*) (Gráfico 5.37).
- En los tabiques en contacto con los espacios no habitables se simulan dos tipos, uno que toma como base el tabique del modelo MISA y va aumentando su aislamiento y otro que toma de base un tabique de entramado autoportante de placas de yeso laminado, sobre el que nuevamente se aumenta el nivel de aislamiento. En ambos casos se produce el descenso esperado de demanda, pero siendo superiores los valores del segundo tipo (Gráfico 5.38).
- Para los paramentos horizontales en contacto con el terreno no se produce el comportamiento esperado, aumentando la demanda de forma considerable con la aplicación de aislamientos (Gráfico 5.39).
- En las 16 simulaciones de cubiertas se evalúan, nuevamente, los diferentes tipos de soluciones constructivas, enunciados para el modelo 02, obteniéndose un comportamiento equivalente al descrito para el anterior modelo (Gráfico 5.40).
- Se realiza una comprobación de inercia, análoga a la indicada en las fachadas, para las cubiertas. Nuevamente el resultado es favorable al empleo del aislamiento exterior (Gráfico 5.41).
- La curva de las 29 simulaciones de los diferentes tipos de acristalamiento muestra un comportamiento muy similar a la del modelo 02 (Gráfico 5.42).
- Las simulaciones de los tipos de marcos mantienen el número de categorías incrementadas en el modelo anterior y comportamientos equivalentes, ofreciendo los mejores resultados en las simulaciones de los modelos COR y en el PVC (Gráfico 5.43).
- Se simulan mejoras en las características térmicas de las puertas, pero no producen efecto apreciable (Gráfico 5.44).
- Se simulan mejoras en la estanquidad de los huecos, pero al tener definida la ventilación del modelo como parámetro absoluto en la configuración de la ventilación dentro del software no se produce variación (Gráfico 5.44).
- Se sigue un procedimiento equivalente al del modelo anterior para las simulaciones del sombreado en los huecos, planteando diferentes configuraciones de voladizos según las orientaciones y otros parámetros. Se realizan a partir de la orientación óptima para eliminar la necesidad de hacer correcciones en fases posteriores, no se encuentra una combinación de sombreados anuales que produzca una reducción de la demanda satisfactoria (Gráfico 5.45).
- La utilización de protecciones en las ventanas se ha empleado para simular el empleo de toldos, persianas, contraventanas, etc. configurando los periodos de utilización sobre un calendario anual. Se produce una reducción óptima mediante el empleo de persianas claras, que se utilizan en verano cuando el sol incide sobre la ventana (Gráfico 5.46).
- La categoría de condiciones de los recintos solo se emplea para comparar los resultados de los caudales de ventilación recomendados por los procedimientos de simulación energética del IDAE con los muchos más reducidos (menos de la mitad) del estándar Passivhaus. Resultando como es esperable una menor demanda en las condiciones del estándar (Gráfico 5.47).

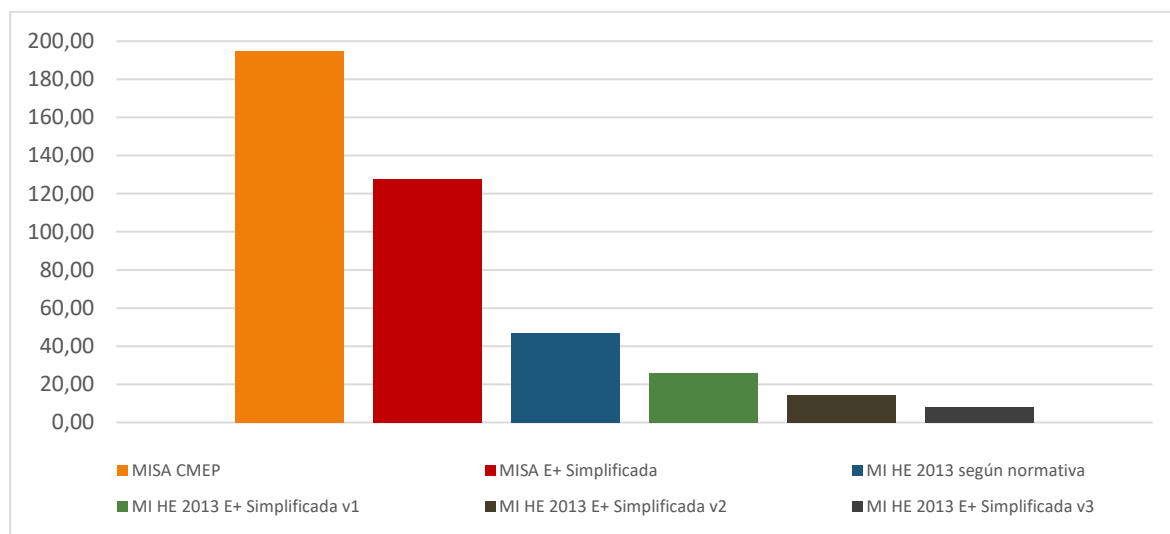


- En la realización de las últimas simulaciones del modelo se han estudiado los efectos sobre la demanda de la incorporación y la variación del rendimiento de un recuperador de calor. El ahorro imputado anualmente se produce casi por completo en el periodo de invierno, no produciéndose grandes beneficios de su utilización en verano. El modelo, para cumplir con los condicionantes del CTE, cuenta con una ventilación programada de cuatro renovaciones por hora para simular los efectos de mantener las ventanas abiertas en las noches de verano (Gráfico 5.48).

En los siguientes apartados pueden observarse los gráficos que representan las simulaciones de la fase ALFA del modelo 02+ y en el Anexo se recogen de forma resumida. El listado completo de las soluciones escogidas en cada categoría puede consultarse en la fase BETA del modelo.

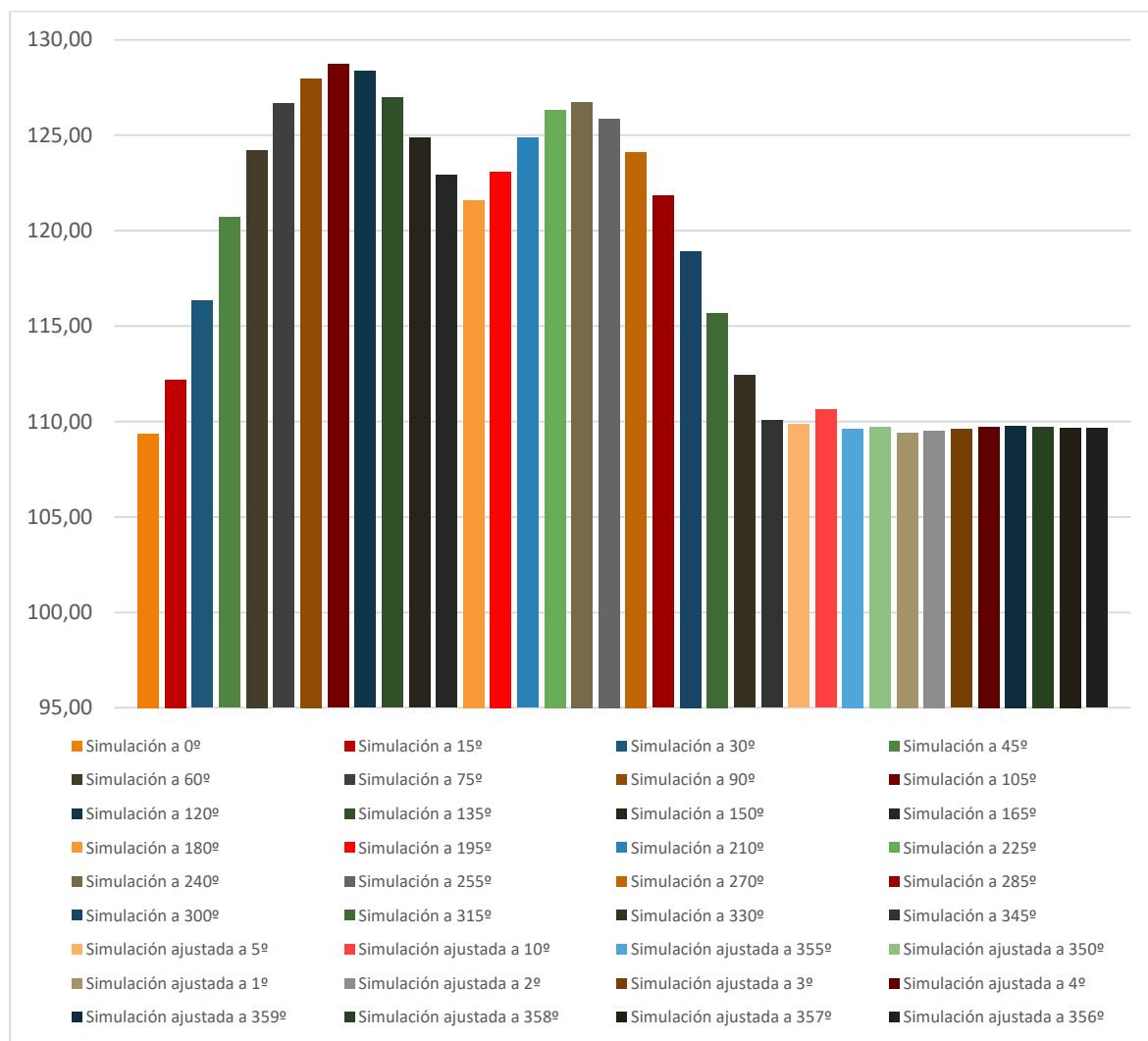
5.4.1. Simulaciones Base – m02+c0M

Gráfico 5.33. Simulaciones iniciales del modelo 02+, demanda anual en kWh/m²·año



5.4.2. Simulaciones de Orientación – m02+c01

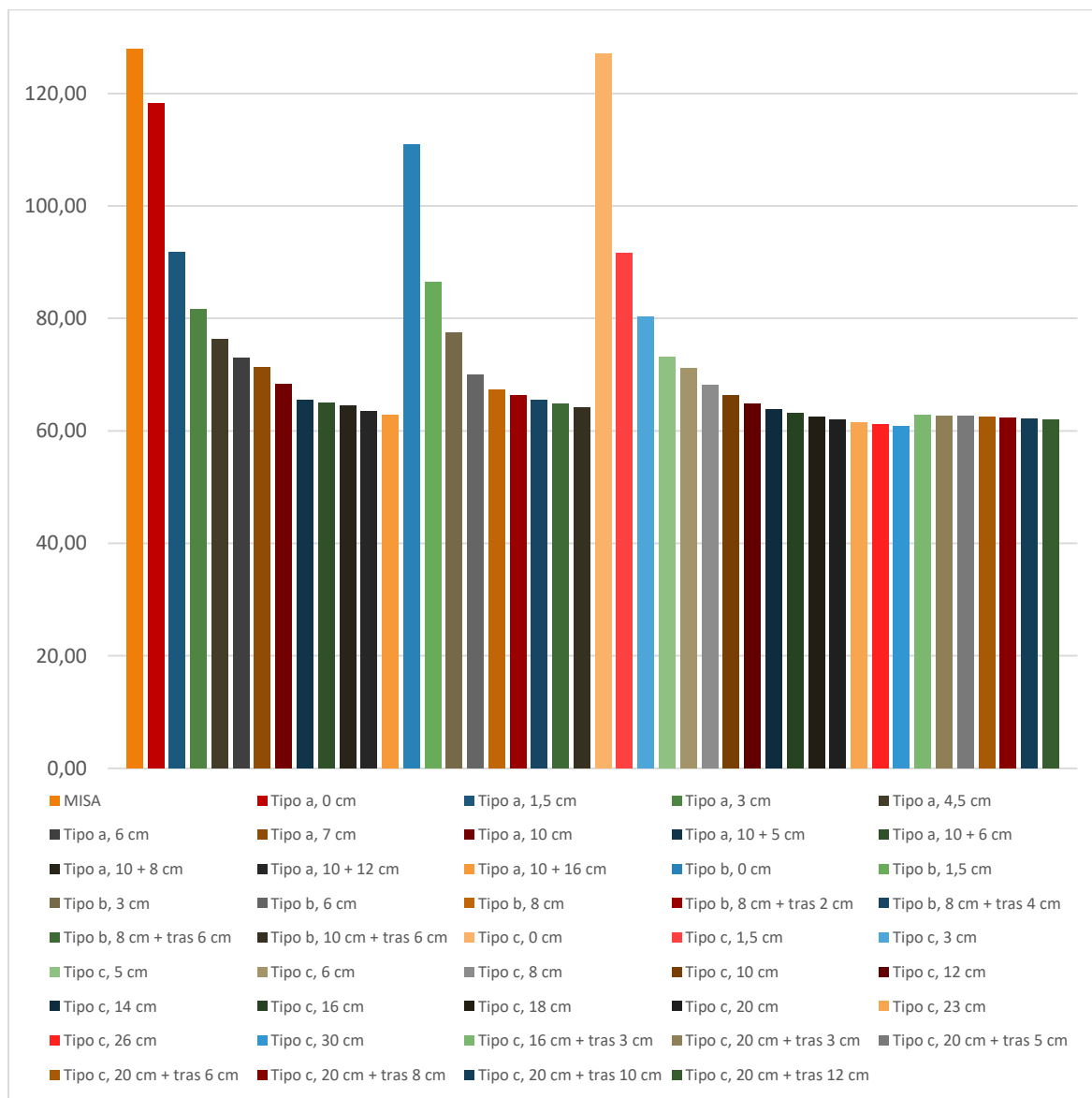
Gráfico 5.34. Simulaciones de orientación del modelo 02+, demanda anual en kWh/m²·año





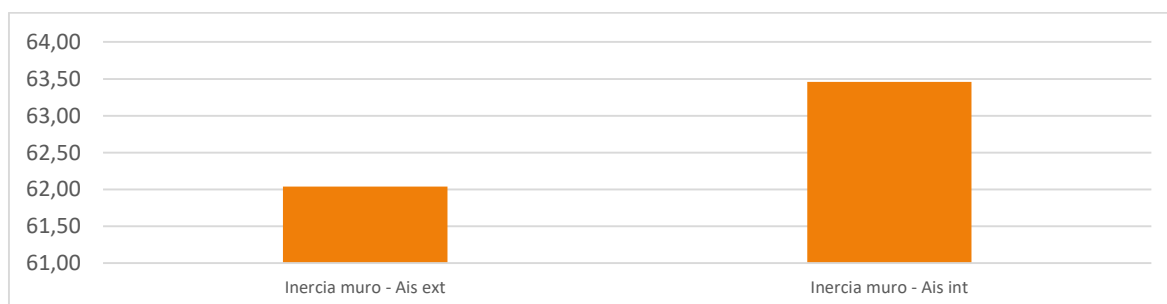
5.4.3. Simulaciones de Paramentos verticales - Fachadas – m02+c0201

Gráfico 5.35. Simulaciones de paramentos verticales - fachadas - del modelo 02+, demanda anual en kWh/m².año



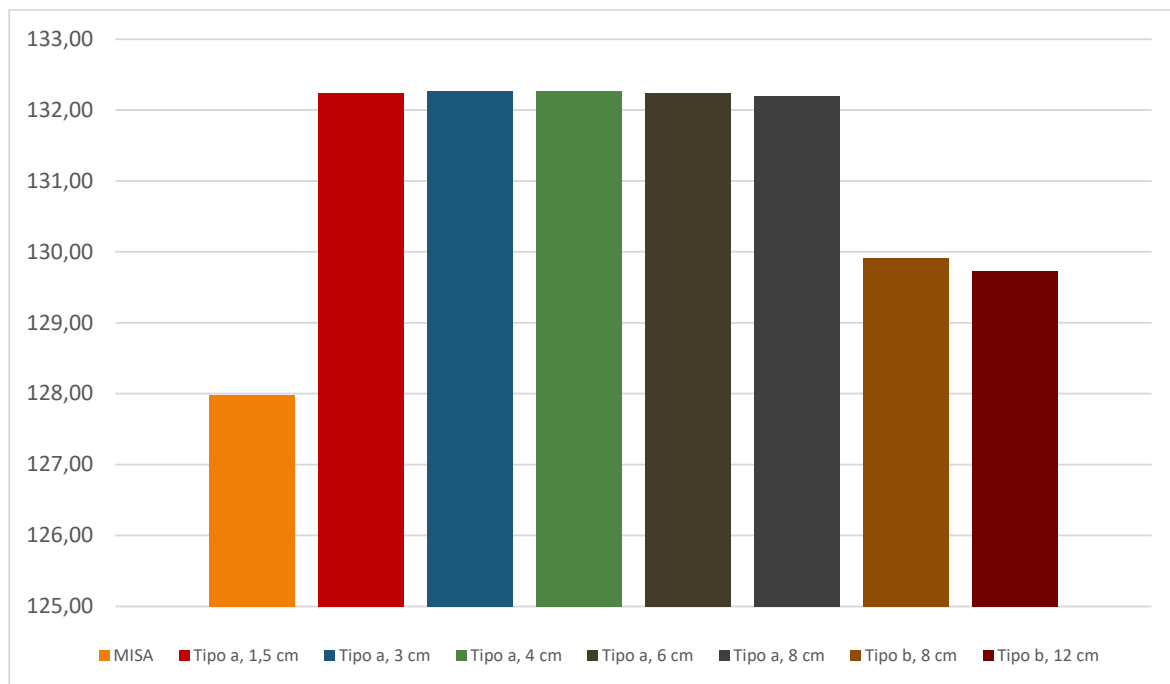
5.4.4. Simulaciones de Paramentos verticales - Comprobación inercia – m02+c0202

Gráfico 5.36. Simulaciones de paramentos verticales / comprobación de inercia del modelo 02+, demanda anual en kWh/m².año



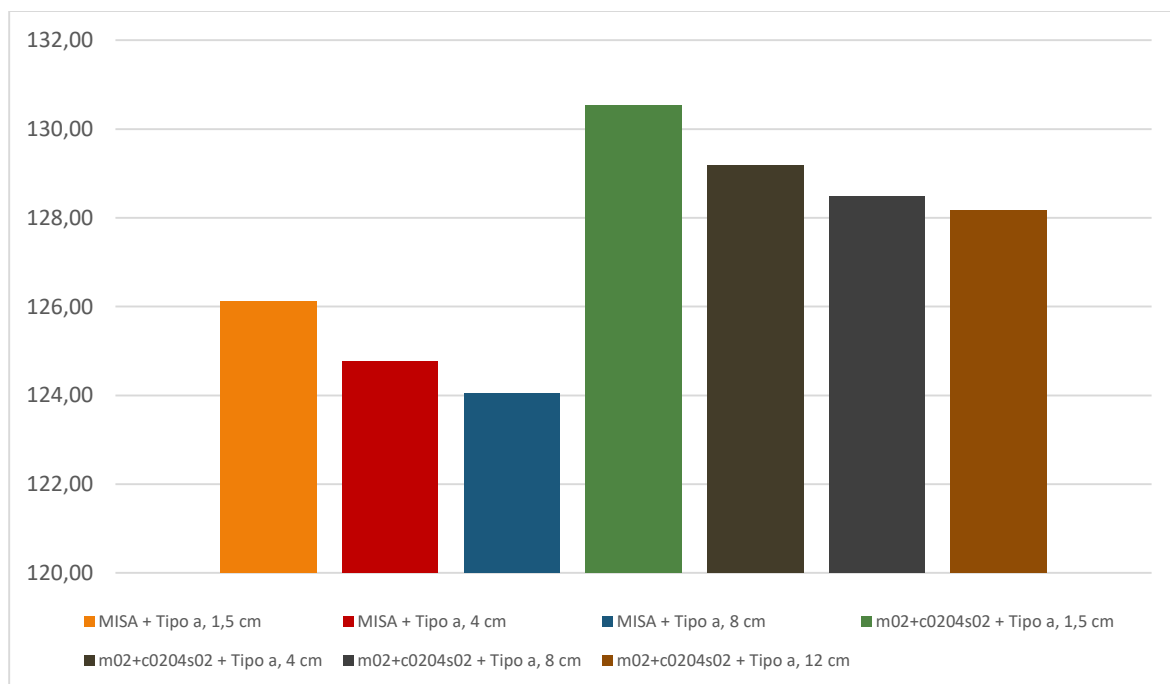
5.4.5. Simulaciones de Paramentos verticales - Tabiques – m02+c0204

Gráfico 5.37. Simulaciones de tabiques del modelo 02+, demanda anual en kWh/m².año



5.4.6. Simulaciones de Paramentos verticales - Tabiques en contacto con zonas no habitables – m02+c0205

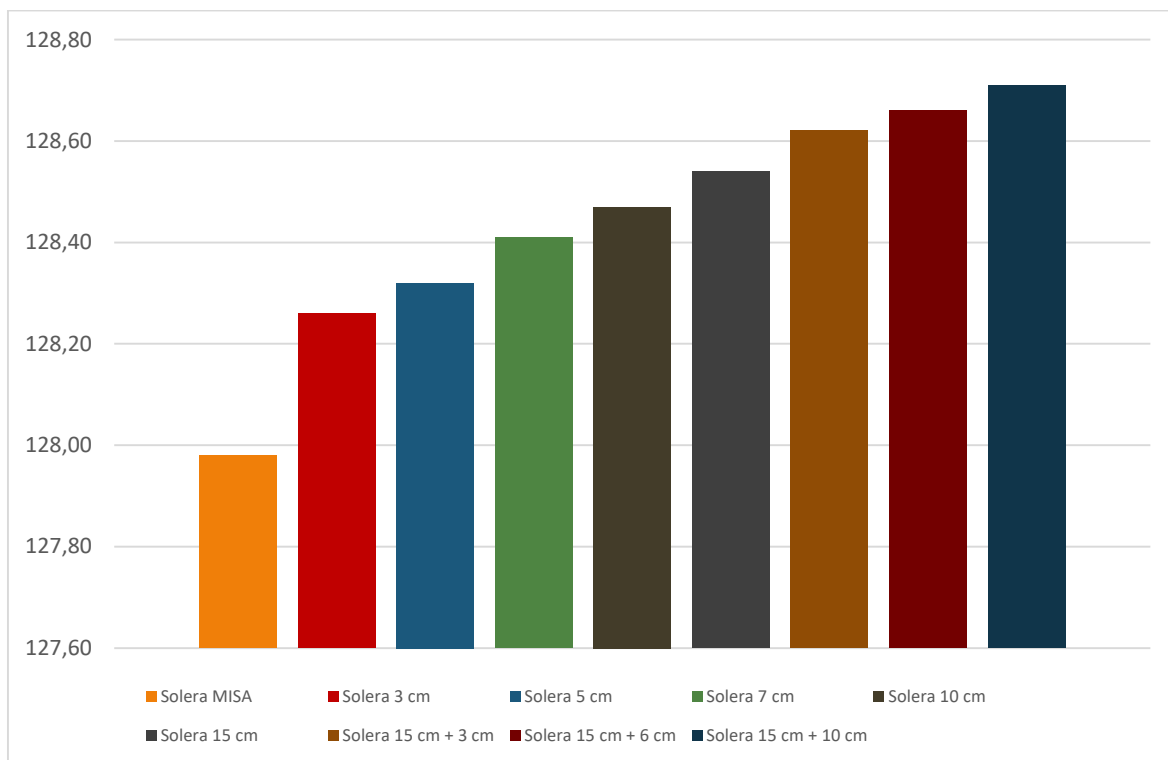
Gráfico 5.38. Simulaciones de tabiques en contacto con espacios no habitables del modelo 02+, demanda anual en kWh/m².año





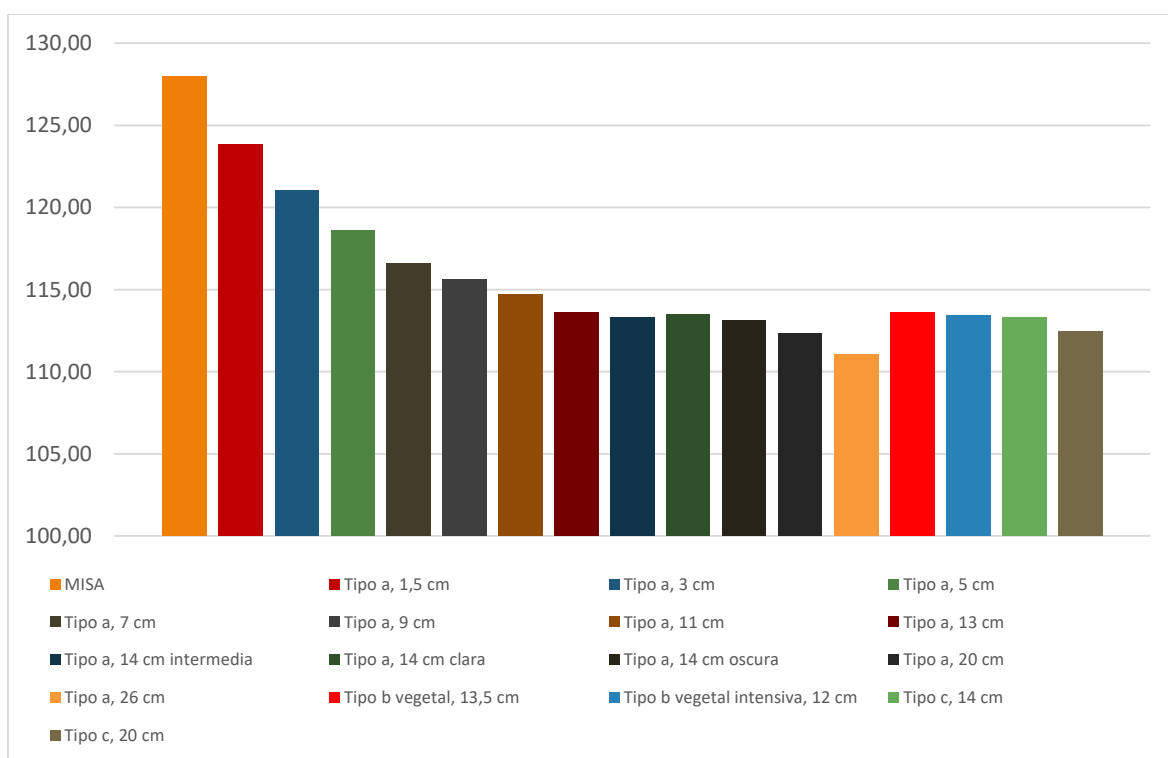
5.4.7. Simulaciones de Paramentos horizontales en contacto con el terreno – m02+c0301

Gráfico 5.39. Simulaciones de paramentos horizontales en contacto con el terreno del modelo 02+, demanda anual en kWh/m²·año



5.4.8. Simulaciones de Paramentos horizontales – Cubierta plana – m02+c0302

Gráfico 5.40. Simulaciones de cubiertas del modelo 02+, demanda anual en kWh/m²·año





5.4.11. Simulaciones de Huecos acristalados - Marcos – m02+c0401

Gráfico 5.43. Simulaciones de marcos del modelo 02+, demanda anual en kWh/m²-año

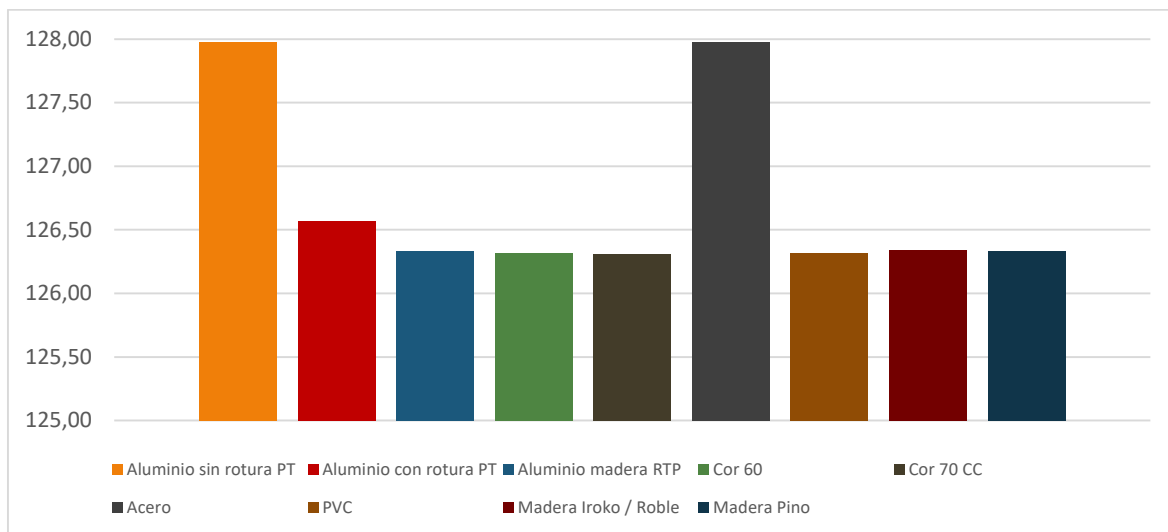
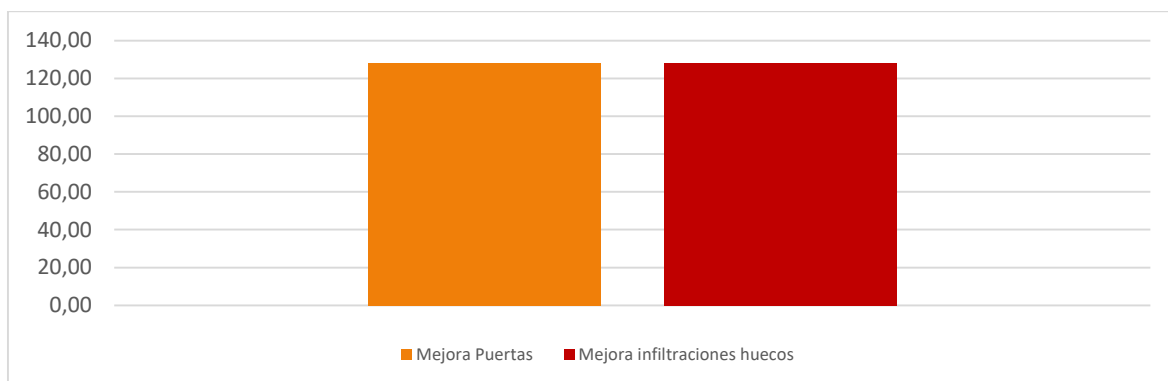
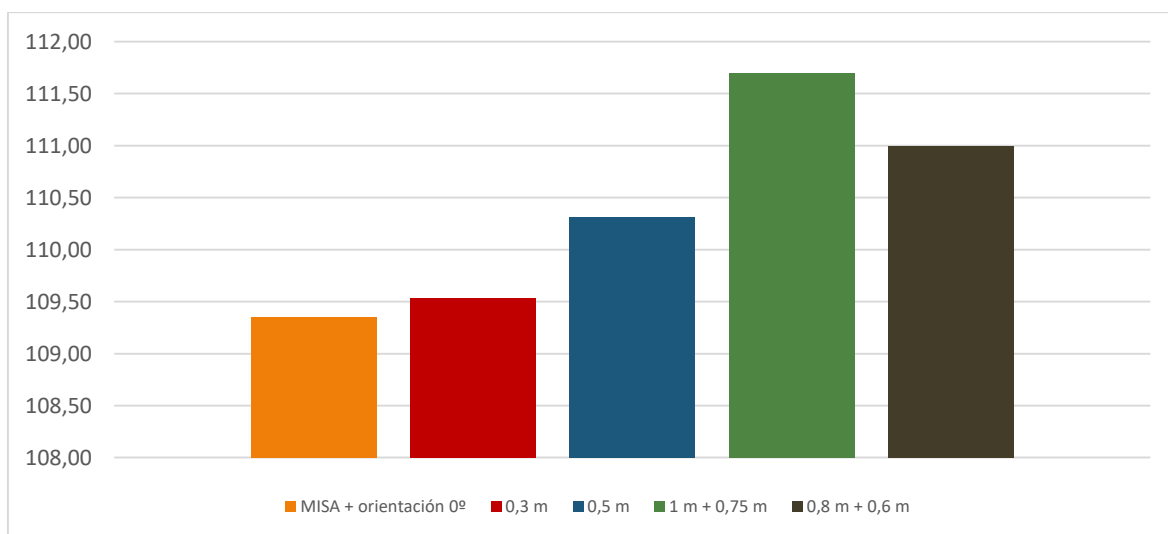


Gráfico 5.44. Simulaciones de mejoras en huecos del modelo 02+, demanda anual en kWh/m²-año



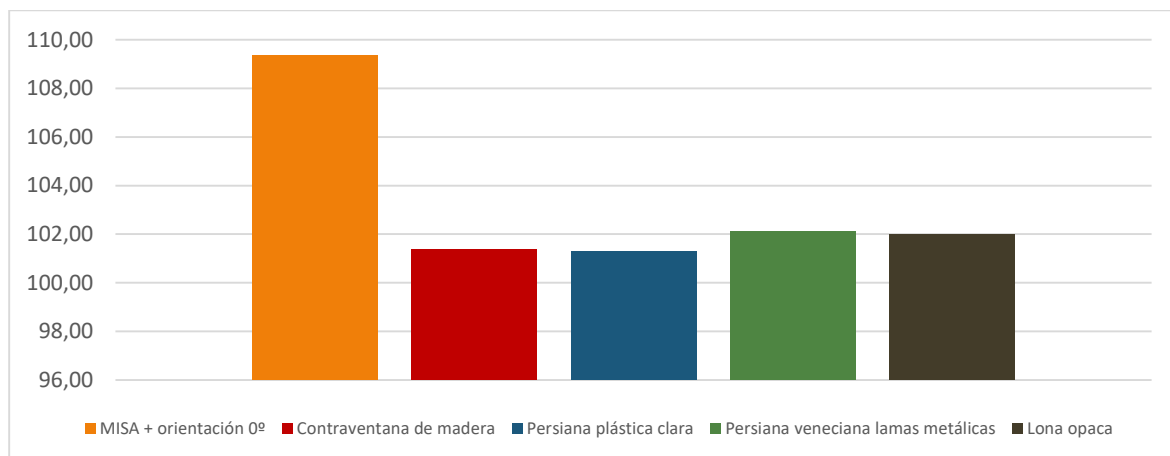
5.4.12. Simulaciones de Huecos acristalados - Sombreado – m02+c0402

Gráfico 5.45. Simulaciones de huecos sombreado, partimos de orientación mínima de 0°, del modelo 02+, demanda anual en kWh/m²-año



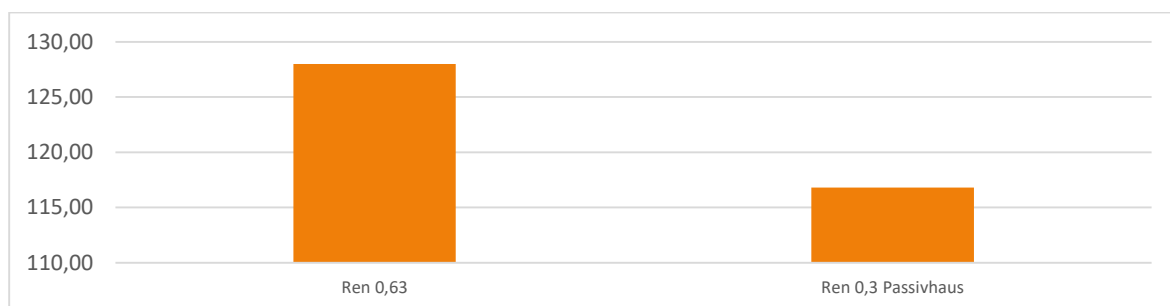
5.4.13. Simulaciones de Huecos acristalados - Protecciones – m02+c0403

Gráfico 5.46. Simulaciones de huecos protecciones, partimos de orientación mínima de 0º, del modelo 02+, demanda anual en kWh/m².año



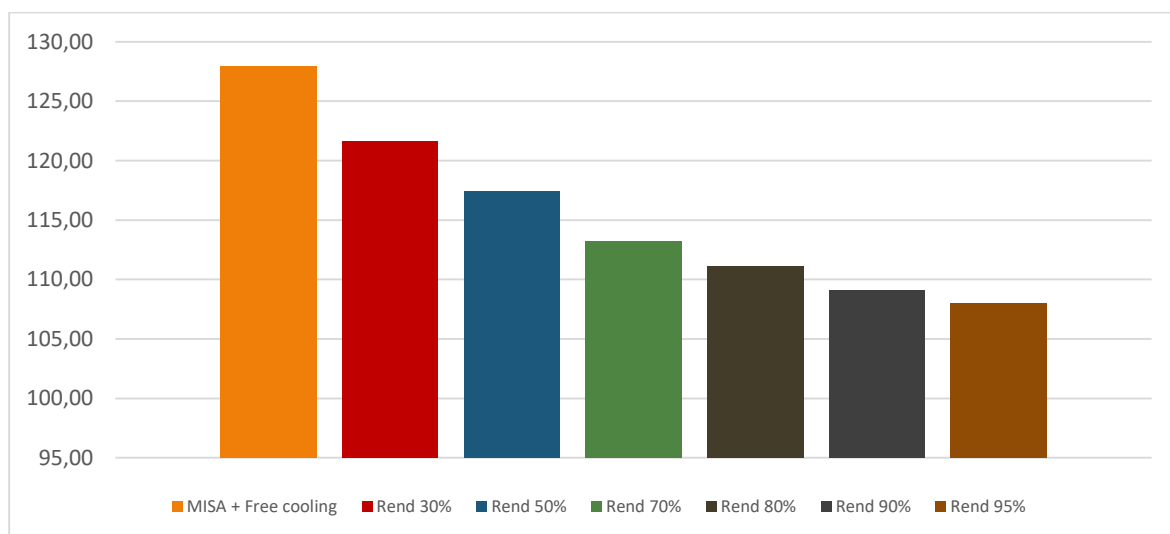
5.4.14. Simulaciones de Definición de recintos – m02+c06

Gráfico 5.47. Simulaciones de condiciones definición de recintos del modelo 02+, demanda anual en kWh/m².año



5.4.15. Simulaciones de Rendimiento de las instalaciones de ventilación – m02+c07

Gráfico 5.48. Simulaciones de rendimiento de instalaciones de ventilación, free cooling activado por defecto, del modelo 02+, demanda anual en kWh/m².año





5.5. Fase ALFA del modelo 03

Las simulaciones se realizan de nuevo mediante Cypetherm Eplus. Las simulaciones base son equivalentes a las del modelo 02+ añadiéndose el concepto de simulación completa. Este tipo de simulación se realiza cuando se indica al software que no realice ningún tipo de simplificación en las particiones interiores (asimila espacios con definiciones de condiciones internas iguales como uno solo, considerando los cerramientos intermedios como adiabáticos), aumentándose el tiempo de cálculo, pero incrementando su precisión. Este tipo de simulaciones se emplean, además, en los modelos finales de las fases BETA y DELTA.

La demanda energética anual por metro cuadrado del modelo inicial marca la línea base energética de referencia de la fase y tiene un valor de 237.39 kWh / (m²·año). Las categorías de simulación son equivalentes a las del modelo anterior (Gráfico 5.49).

Los principales resultados obtenidos han sido:

- Para el estudio de la orientación del edificio se realizan 36 simulaciones, siendo la de menor demanda anual la orientada a 0° (Gráfico 5.50).
- En la simulación de fachadas se toman las tres tipologías de muro adaptadas al modelo, al cambiar su núcleo de ladrillo cerámico a fábrica de bloque de hormigón. Al ser el bloque de hormigón un elemento de mayor conductividad térmica, los descensos en la demanda que se producen al incorporar los aislamientos son mucho más acusados que en curvas de anteriores modelos en esta categoría (Gráfico 5.51).
- Se realizan las simulaciones de inercia, para fachadas y cubiertas, resultando favorables al aislamiento exterior (Gráfico 5.52 y Gráfico 5.57).
- Las simulaciones de tabiques se realizan a partir de un entramado autoportante de placas de yeso laminado. En un primer caso no contiene aislamiento, que se añade y modifica incrementalmente en las siguientes simulaciones (tipo *a*), doblándose en las dos últimas el grosor de las placas de yeso. Es precisamente en estas placas donde se produce la mayor demanda (tipo *b*) (Gráfico 5.53).
- Al igual que en el modelo previo se simulan dos tipos de tabiques en contacto con espacios no habitables, a partir de los tipos caracterizados en la categoría anterior. Se detectan claros descensos en la demanda con el aumento de aislamiento, pero solo cuando este aumento se produce en todos los tabiques del inmueble, con lo cual la incidencia de esta categoría en la demanda es mínima (Gráfico 5.54).
- Para los paramentos horizontales en contacto con el terreno la demanda aumenta de forma considerable con la aplicación de aislamientos (Gráfico 5.55).
- Se evalúan los diferentes tipos de cubiertas ya descritos, se encuentran los ya habituales puntos de inflexión (Gráfico 5.56).
- Las curvas de simulaciones de los tipos de vidrio muestran un buen desempeño para los vidrios de baja emisividad LOW. S. 8/16/6 con gas argón en la cámara y templados en verde, los vidrios de triple acristalamiento solo reducen la demanda sobre ellos en 1 kWh / (m²·año) (Gráfico 5.58).
- Las simulaciones de los marcos constatan que los modelos con mejor desempeño son los COR y en el PVC (Gráfico 5.59).
- Se prueban diferentes configuraciones de sombras descendiendo levemente la demanda con pequeños voladizos de 20 cm sobre los huecos (Gráfico 5.60).
- Las simulaciones de las diversas protecciones confirman la idoneidad de las persianas claras junto con las contraventanas de madera. Las lonas opacas no presentan una demanda muy superior y aportan un mayor confort al usuario (Gráfico 5.61).

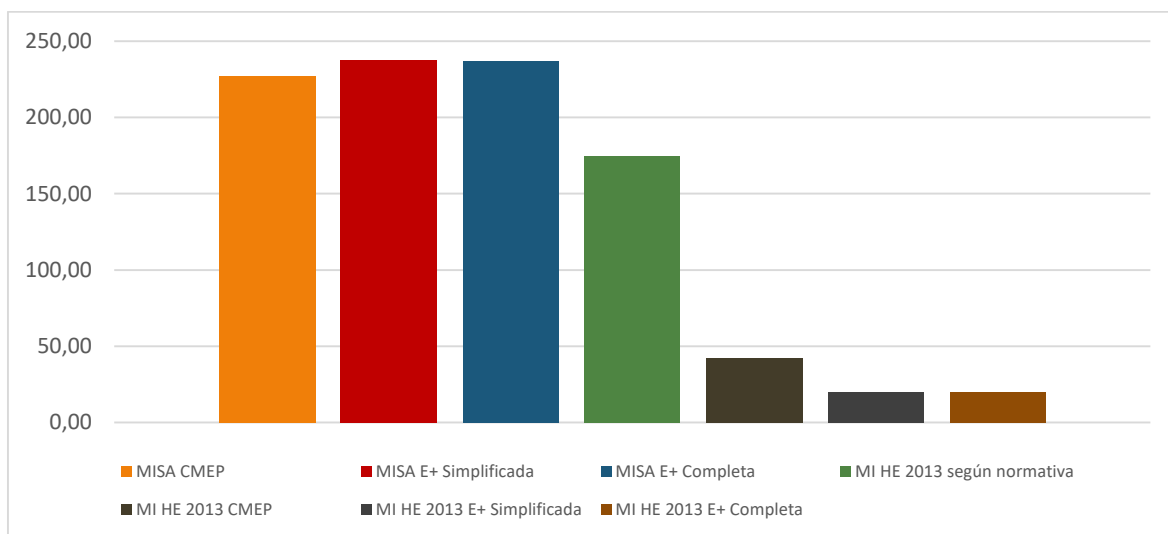
- La categoría de condiciones de los recintos solo se emplea para probar diferentes caudales de ventilación y, al tratarse de un edificio de uso educativo, simular un perfil de uso que no incluya el mes de agosto (Gráfico 5.62).
- Finalmente se estudian los efectos sobre la demanda de la incorporación y la variación del rendimiento de un recuperador de calor (Gráfico 5.63).

En los siguientes apartados pueden observarse los gráficos que representan las simulaciones de la fase ALFA del modelo 03 y en el Anexo se recogen de forma resumida. El listado completo de las soluciones escogidas en cada categoría puede consultarse en la fase BETA del modelo.



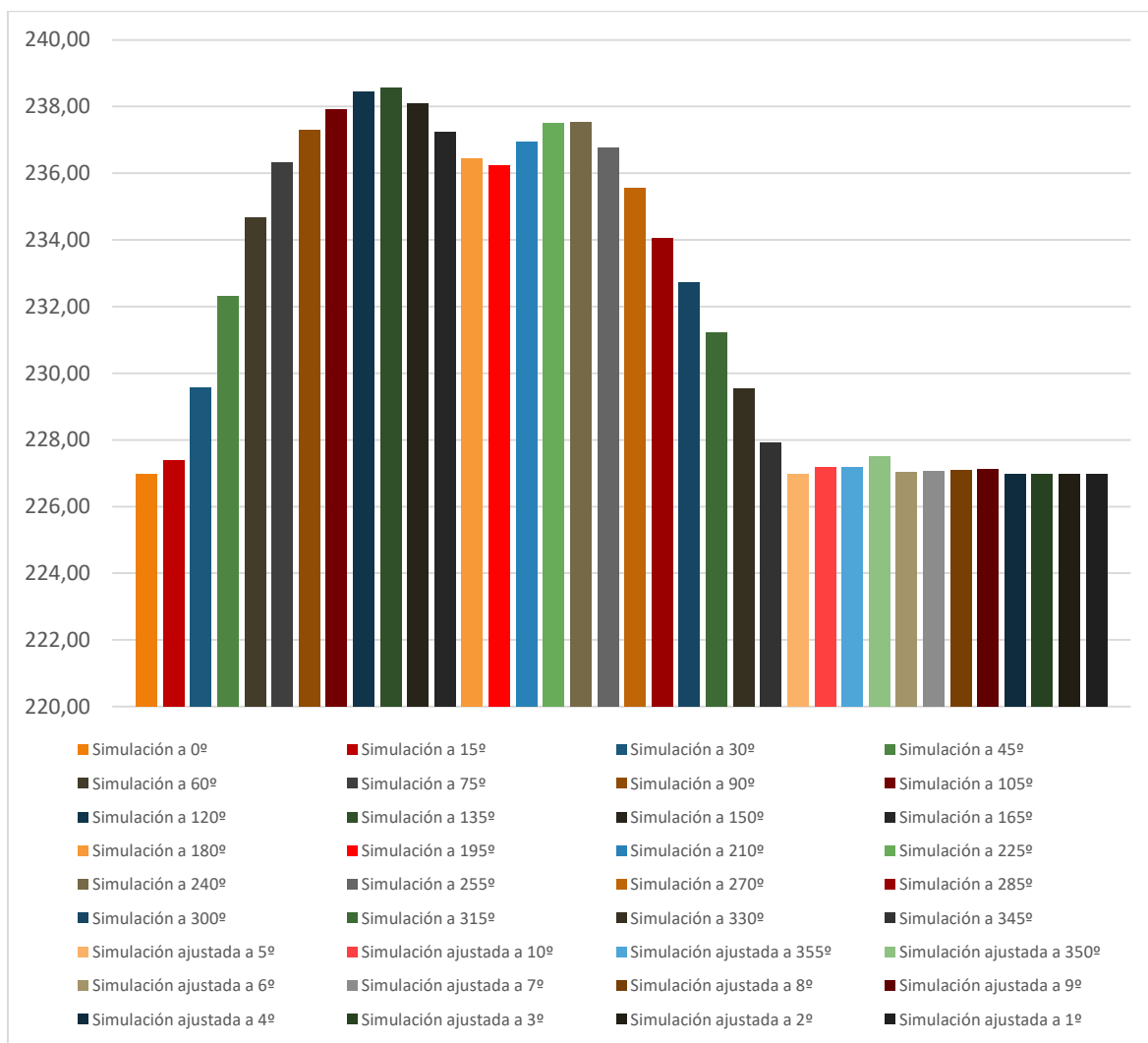
5.5.1. Simulaciones Base – m03c0M

Gráfico 5.49. Simulaciones iniciales del modelo 03, demanda anual en kWh/m²-año



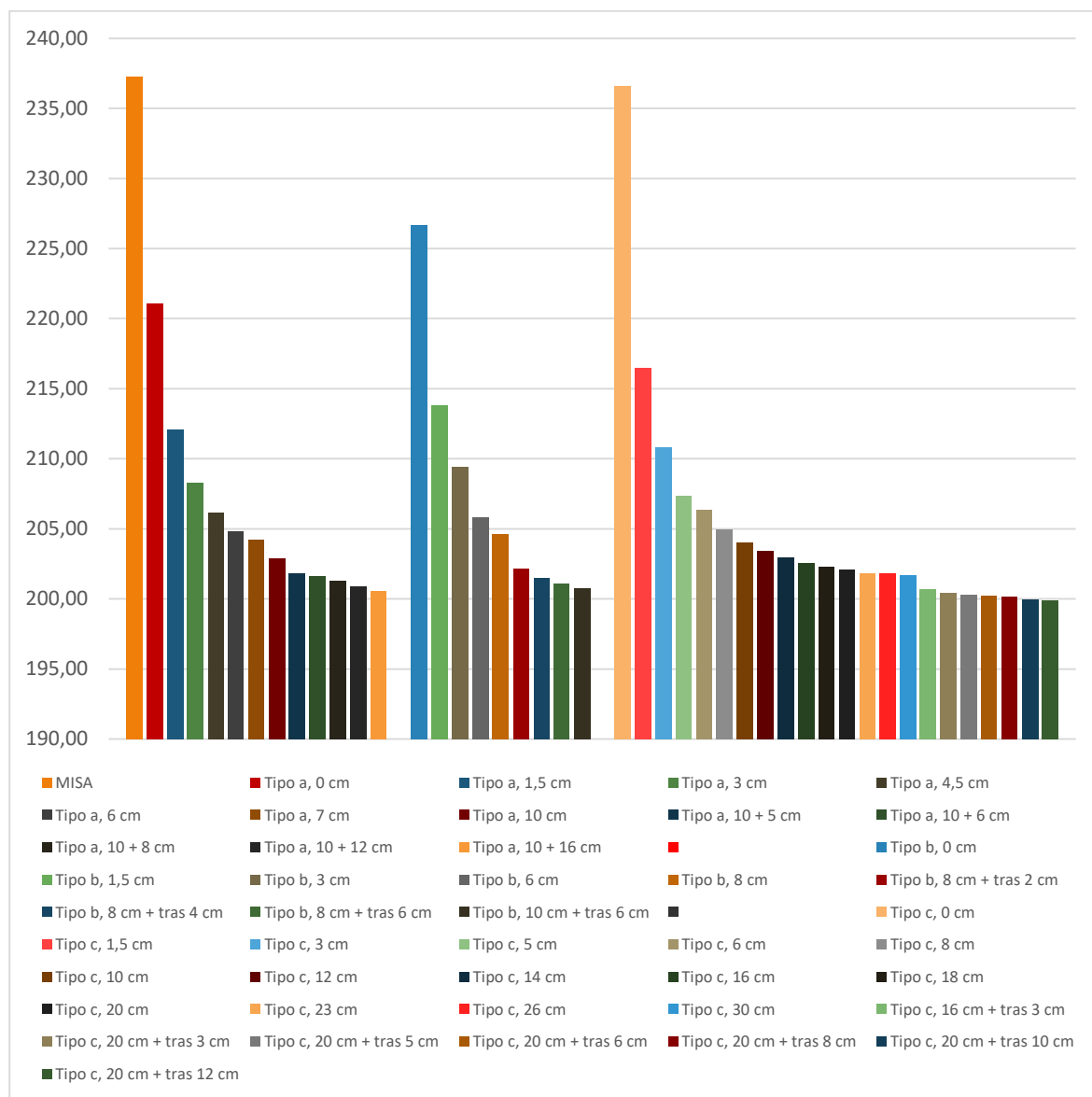
5.5.2. Simulaciones de Orientación – m03c01

Gráfico 5.50. Simulaciones de orientación del modelo 03, demanda anual en kWh/m²-año



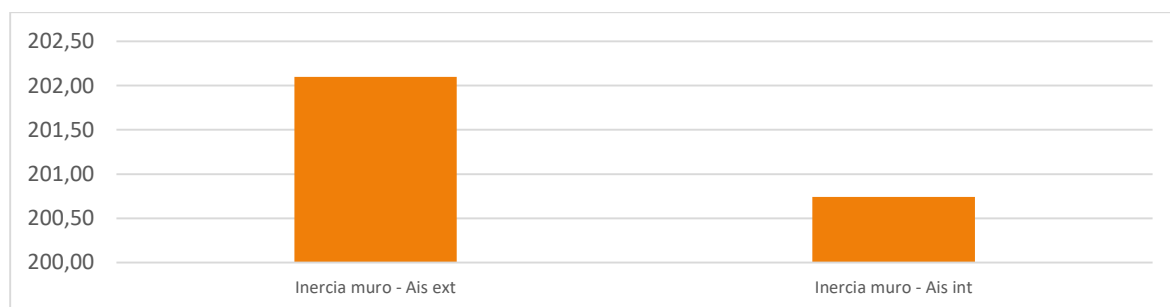
5.5.3. Simulaciones de Paramentos verticales - Fachadas – m03c0201

Gráfico 5.51. Simulaciones de fachadas del modelo 03, demanda anual en kWh/m²-año



5.5.4. Simulaciones de Paramentos verticales - Comprobación inercia – m03c0202

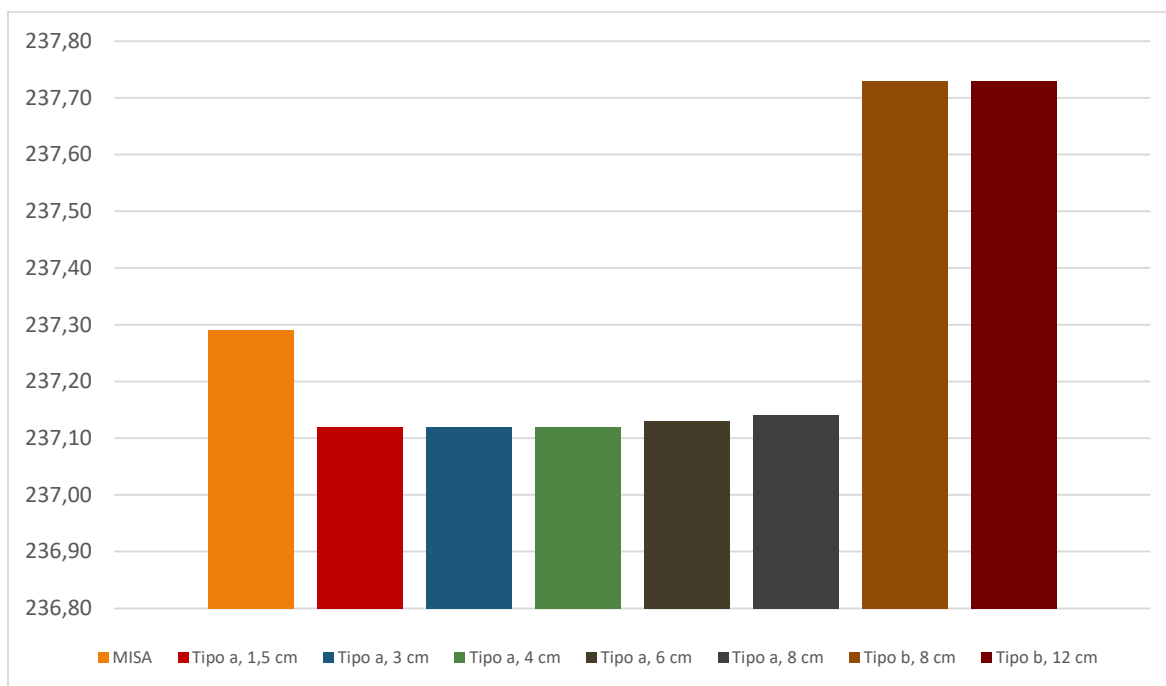
Gráfico 5.52. Simulaciones de paramentos verticales / comprobación de inercia del modelo 03, demanda anual en kWh/m²-año





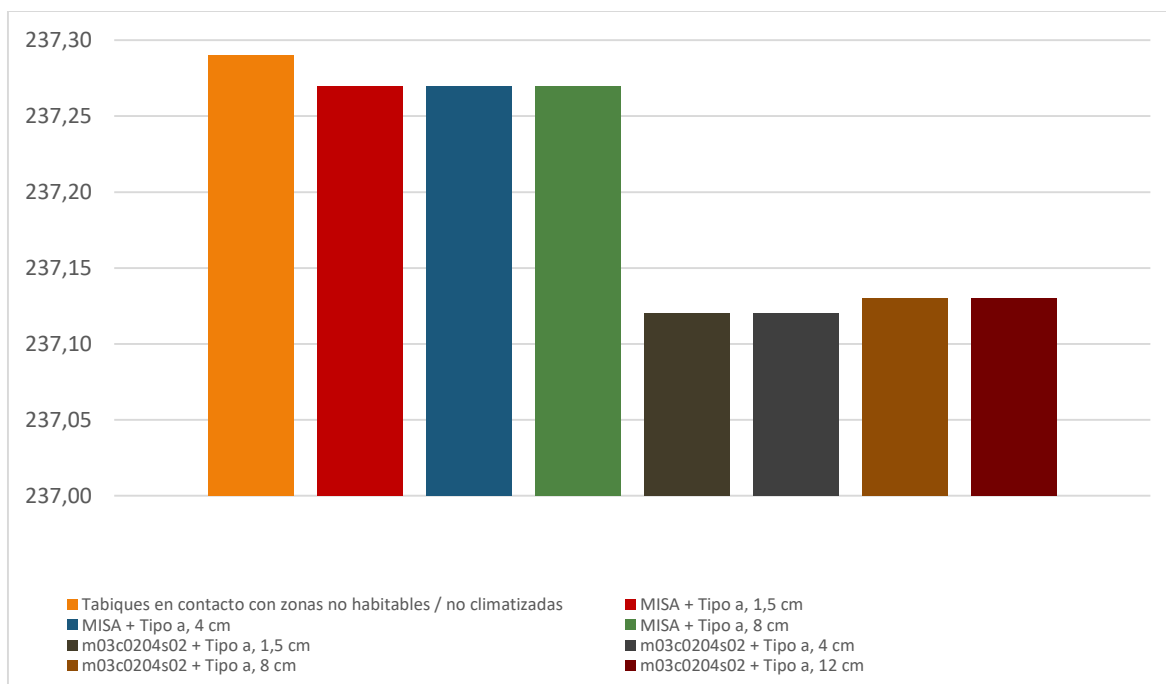
5.5.5. Simulaciones de Paramentos verticales - Tabiques – m03c0204

Gráfico 5.53. Simulaciones de tabiques del modelo 03, demanda anual en kWh/m²-año



5.5.6. Simulaciones de Paramentos verticales - Tabiques en contacto con zonas no habitables – m03c0205

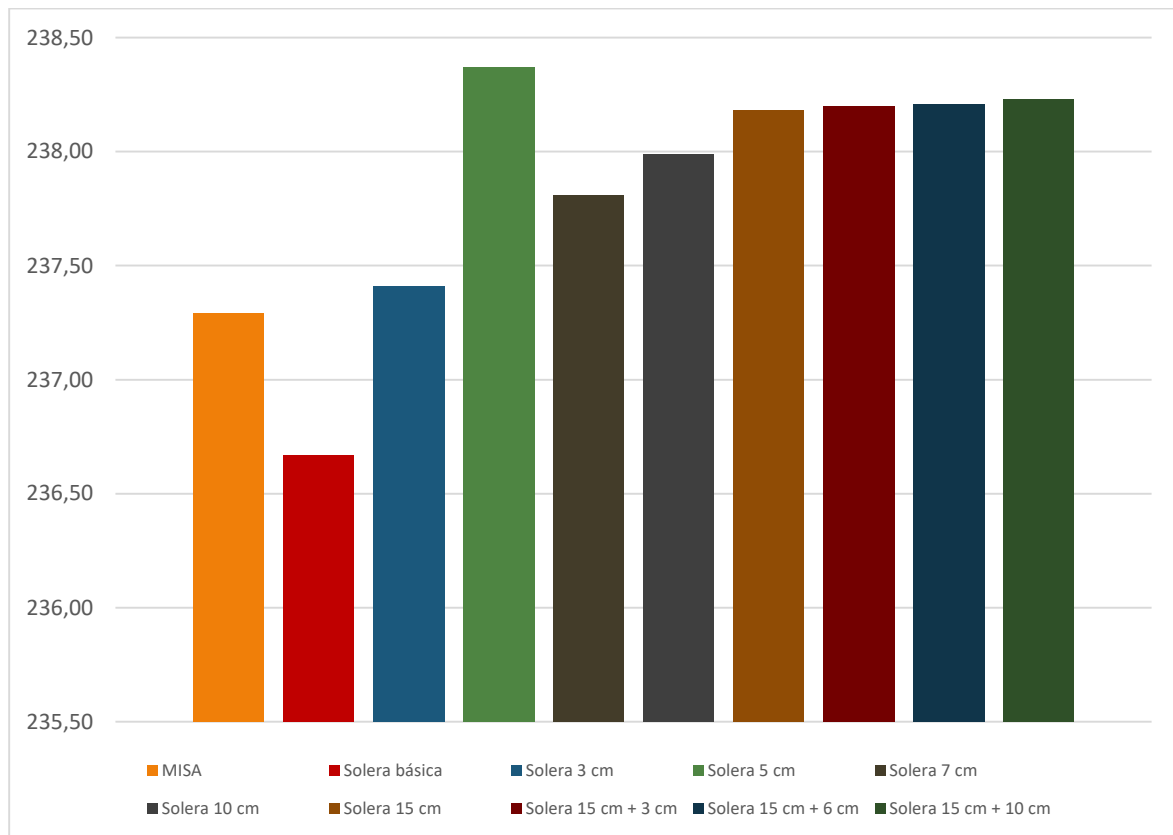
Gráfico 5.54. Simulaciones de tabiques en contacto con espacios no habitables del modelo 03, demanda anual en kWh/m²-año





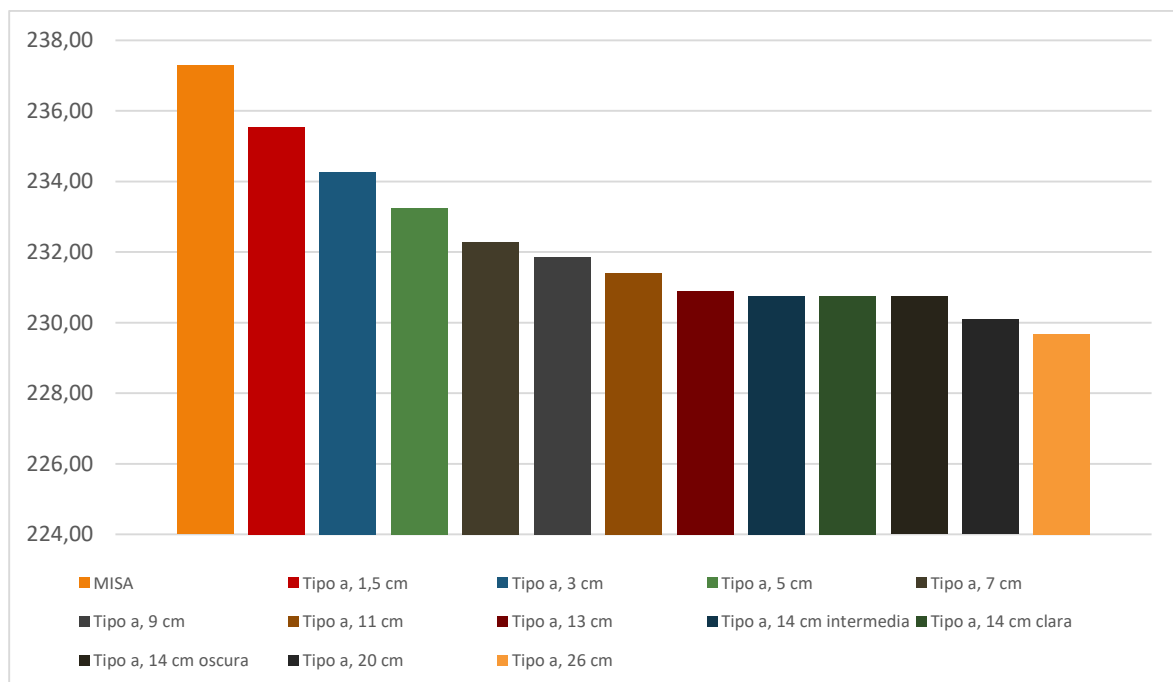
5.5.7. Simulaciones de Paramentos horizontales en contacto con el terreno—m03c0301

Gráfico 5.55. Simulaciones de paramentos horizontales en contacto con el terreno del modelo 03, demanda anual en kWh/m²·año



5.5.8. Simulaciones de Paramentos horizontales – Cubierta plana – m03c0302

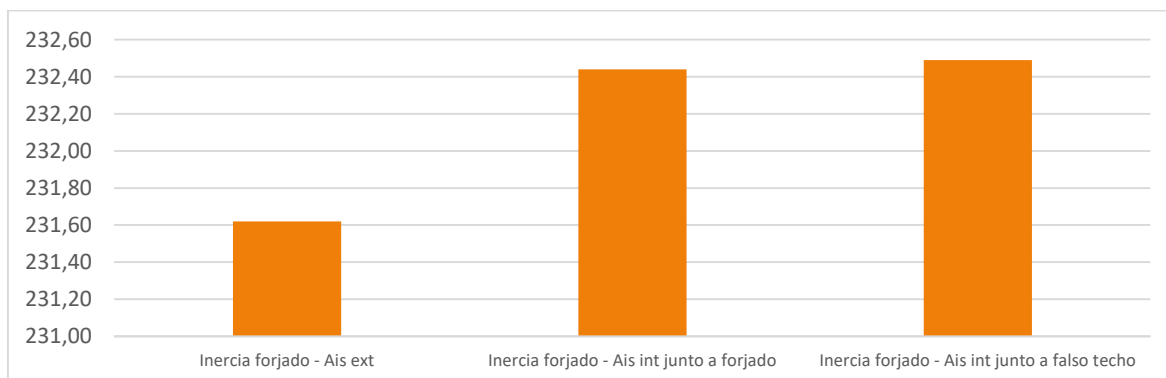
Gráfico 5.56. Simulaciones de cubierta plana del modelo 03, demanda anual en kWh/m²·año





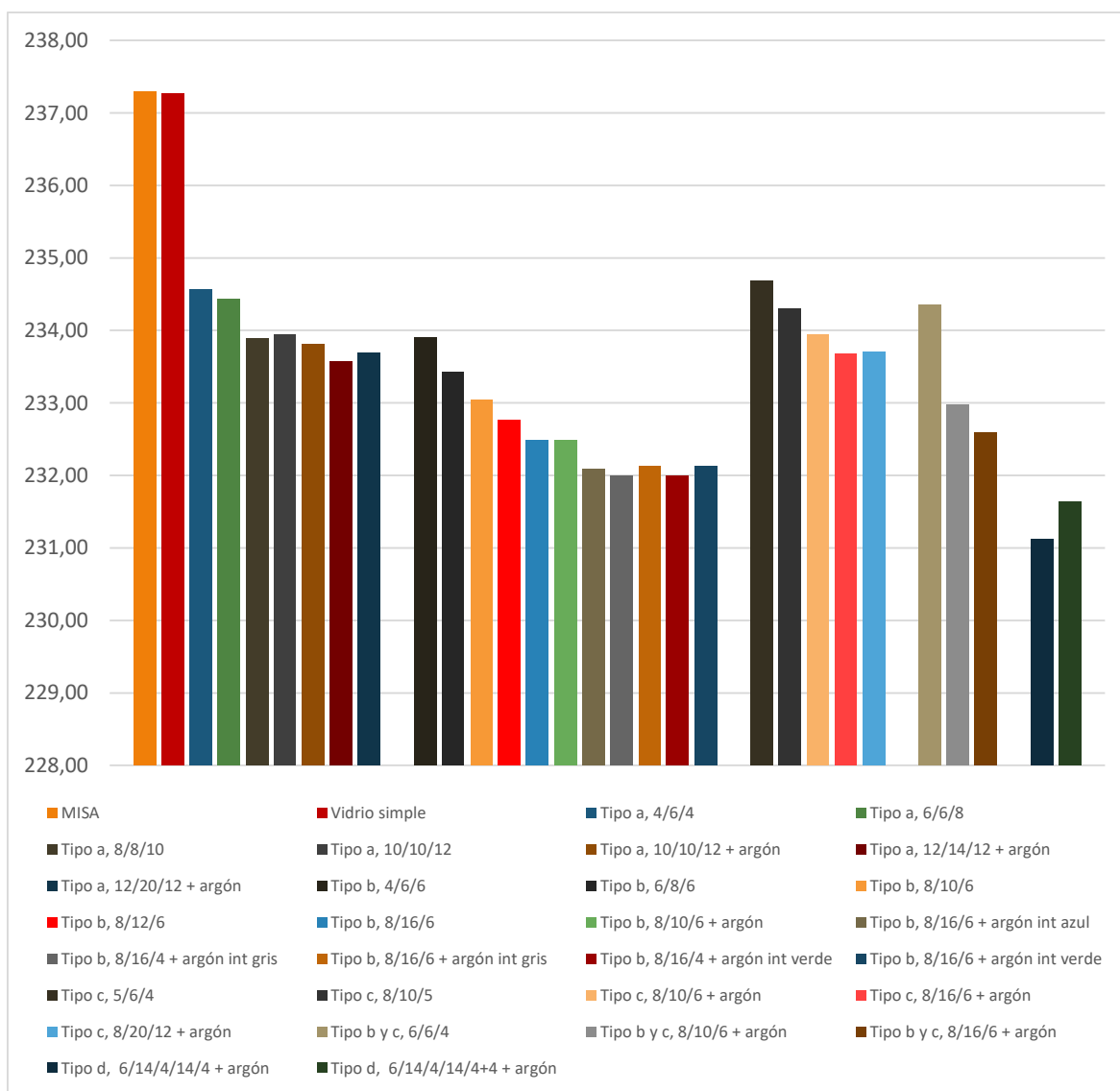
5.5.9. Simulaciones de Paramentos horizontales - Comprobación inercia – m03c0306

Gráfico 5.57. Simulaciones de paramentos horizontales / inercia del modelo 03, demanda anual en kWh/m²-año



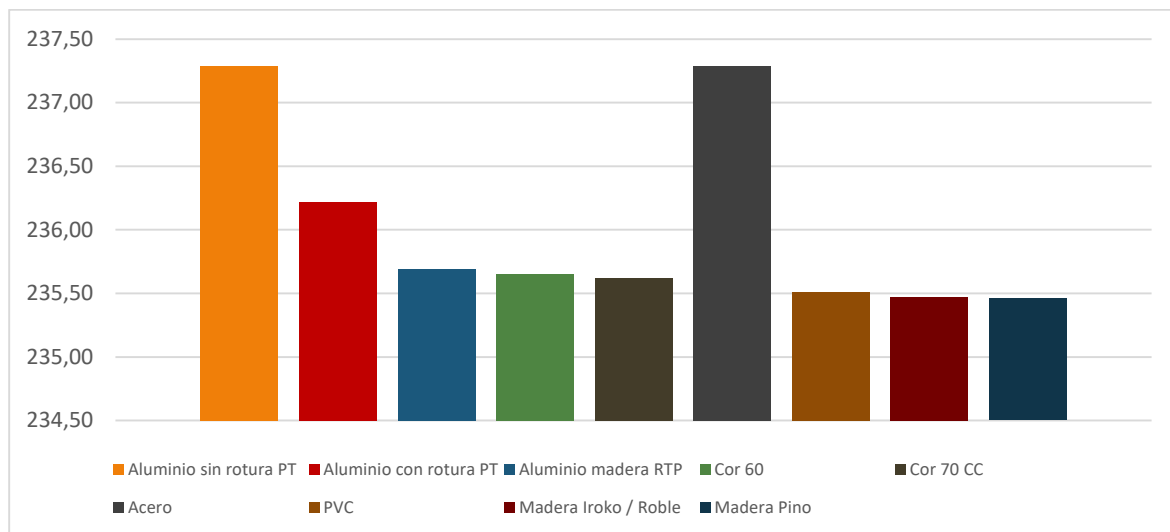
5.5.10. Simulaciones de Huecos acristalados - Vidrios – m03c0401

Gráfico 5.58. Simulaciones de ventanas del modelo 03, demanda anual en kWh/m²-año



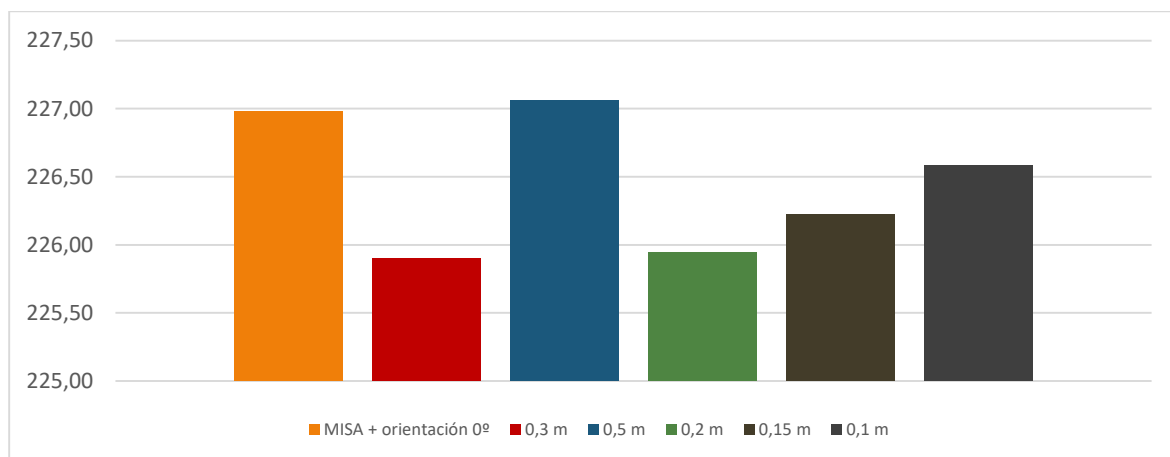
5.5.11. Simulaciones de Huecos acristalados - Marcos – m03c0401

Gráfico 5.59. Simulaciones de marcos / carpinterías del modelo 03, demanda anual en kWh/m²-año



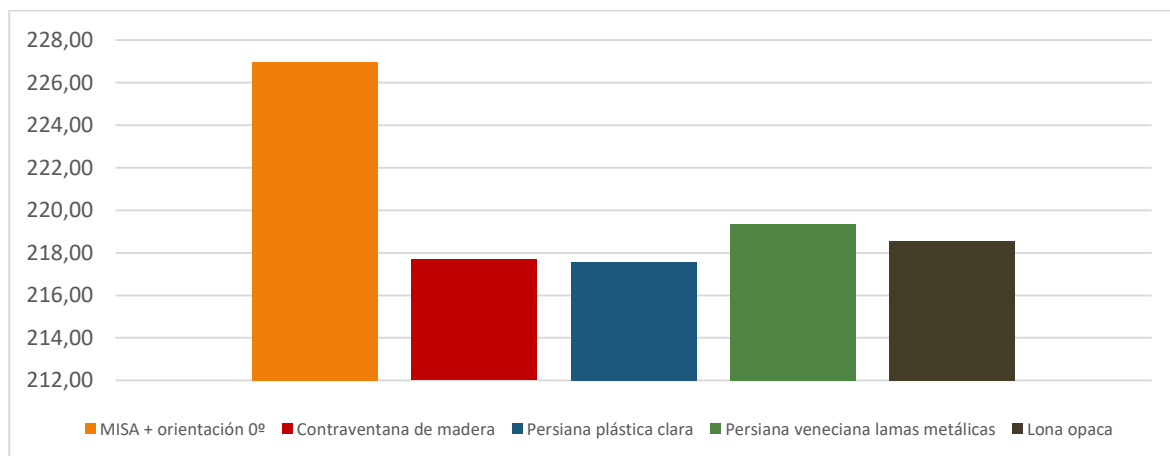
5.5.12. Simulaciones de Huecos acristalados - Sombreado – m03c0402

Gráfico 5.60. Simulaciones de sombreado huecos del modelo 03, demanda anual en kWh/m²-año



5.5.13. Simulaciones de Huecos acristalados - Protecciones – m03c0403

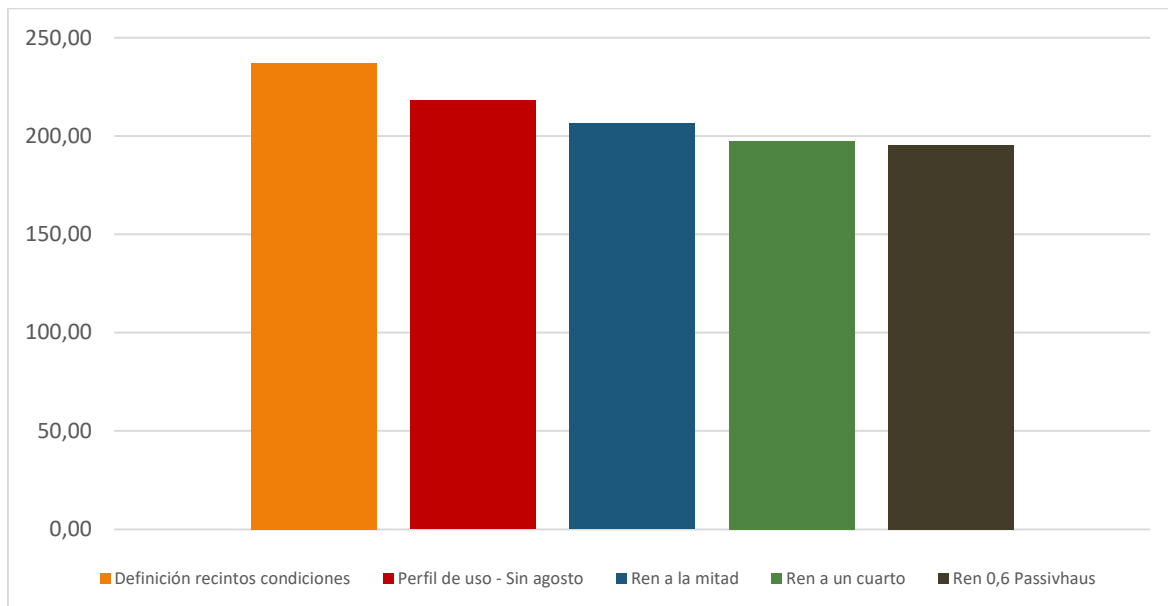
Gráfico 5.61. Simulaciones de protecciones huecos del modelo 03, demanda anual en kWh/m²-año





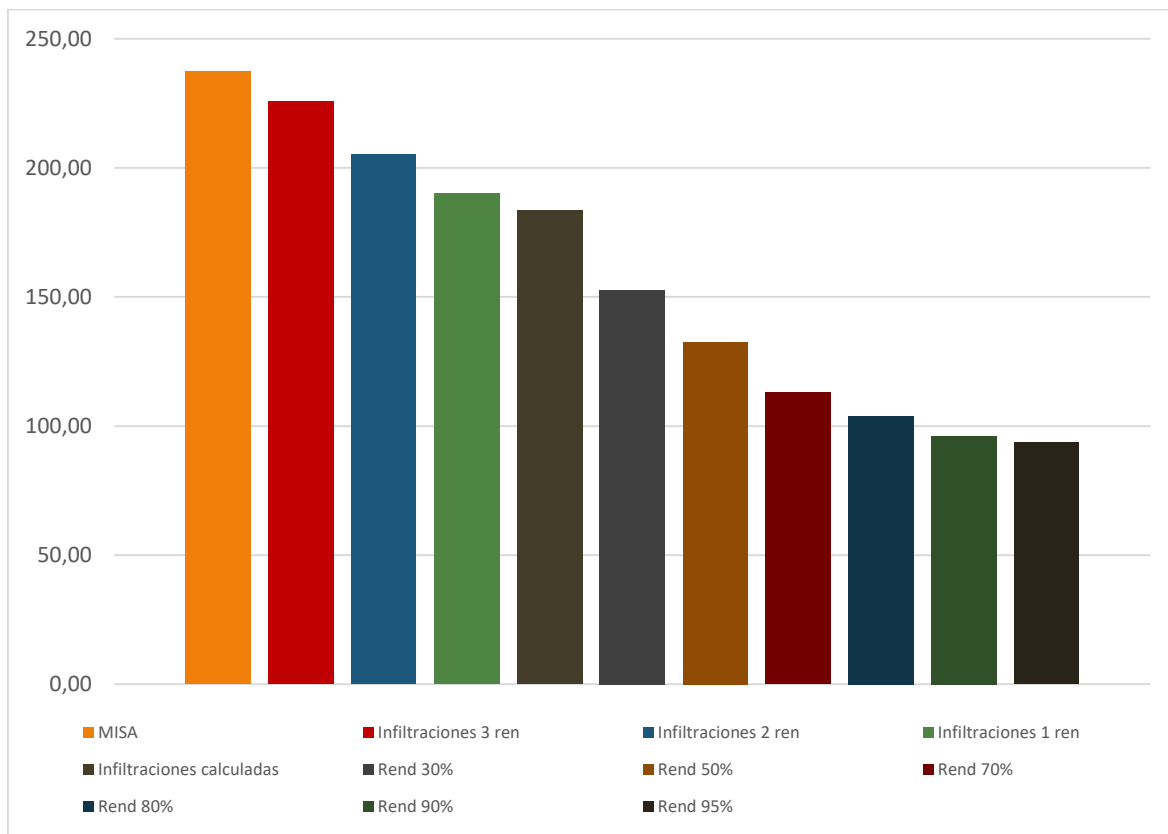
5.5.14. Simulaciones de Definición de recintos – m03c06

Gráfico 5.62. Simulaciones de condiciones definición de recintos del modelo 03, demanda anual en kWh/m².año



5.5.15. Simulaciones de Rendimiento de las instalaciones de ventilación – m03c07

Gráfico 5.63. Simulaciones de rendimiento del recuperador de calor del modelo 03, demanda anual en kWh/m².año



5.6. Fase ALFA del modelo 04

Las simulaciones se realizan mediante Cypetherm Eplus. Los ejemplos base y las categorías de simulación son equivalentes a las del modelo anterior, excepto por la incorporación de las de forjados de entreplantas debido a la geometría del modelo y la no utilización de la categoría de las condiciones de los recintos.

La demanda energética anual por metro cuadrado del modelo inicial marca la línea base energética de referencia de la fase y tiene un valor de 128,07 kWh / (m²·año) (Gráfico 5.64).

Los principales resultados obtenidos han sido:

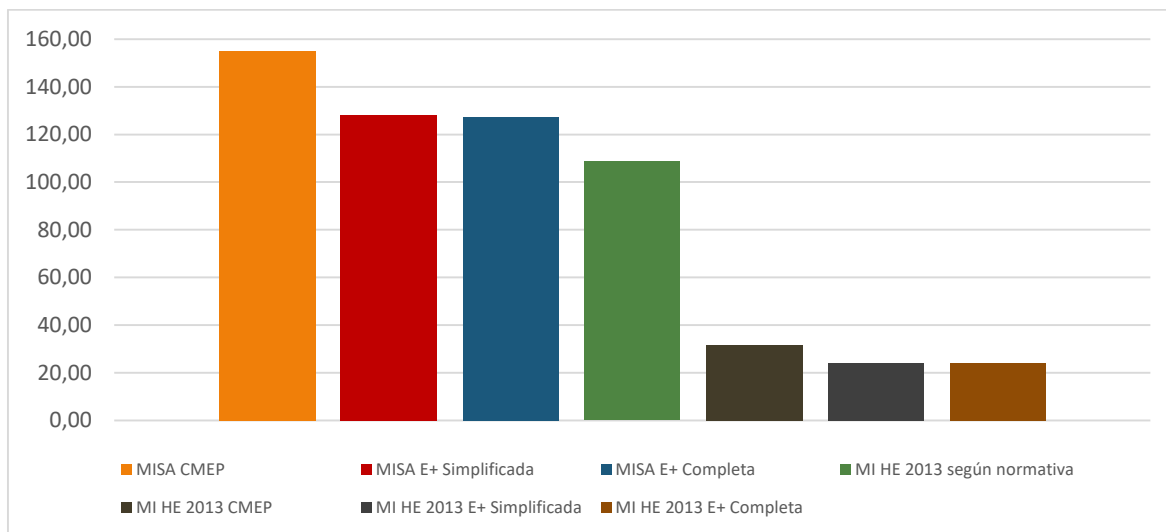
- Para el estudio de la orientación del edificio se realizan 36 simulaciones, siendo la de menor demanda anual la orientada a 0° (Gráfico 5.65).
- En la simulación de fachadas se toman las tres tipologías de muro descritas en el modelo anterior con el núcleo de fábrica de bloque de hormigón. En este modelo, al contrario que en los anteriores, se produce el punto de inflexión con un menor aislamiento, seleccionándose una fachada tipo c con un aislamiento de 14 cm (Gráfico 5.66).
- Se realizan las simulaciones de inercia, para fachadas con un resultado más favorable solo por unas centésimas de kWh / (m²·año) para la simulación con aislamiento por el interior y para cubiertas resultando favorable al aislamiento exterior (Gráfico 5.67 y Gráfico 5.73).
- Las dos categorías de simulaciones de tabiques presentan un comportamiento similar con un descenso de la demanda con la incorporación de aislamiento (Gráfico 5.68 y Gráfico 5.69).
- Para los paramentos horizontales en contacto con el terreno la demanda aumenta con la aplicación de aislamientos (Gráfico 5.70).
- Se evalúan los diferentes tipos de cubiertas ya descritos, el comportamiento que describen las curvas es similar al de anteriores modelos (Gráfico 5.71).
- Este edificio cuenta con paramentos horizontales entreplantas, la incorporación de falsos techos con aislamiento de paneles de aglomerado de corcho expandido reduce levemente la demanda (Gráfico 5.72).
- Se toma como solución el vidrio de baja emisividad LOW. S. 8/16/6 con gas argón en la cámara y templados en verde si bien no es el de menor demanda, si presenta un valor muy reducido en verano para este modelo y es más económico que un vidrio triple (Gráfico 5.74).
- Por el mismo argumento se seleccionan carpinterías de PVC (Gráfico 5.75).
- A partir de las simulaciones de diferentes configuraciones de sombras se seleccionan voladizos sobre los huecos de 30 cm (Gráfico 5.76).
- Se seleccionan lonas opacas como protección frente al sol en los huecos (Gráfico 5.77).
- Se simulan los efectos sobre la demanda de la incorporación y la variación del rendimiento de un recuperador de calor y se simulan infiltraciones adicionales sobre la ventilación para considerar imperfecciones en la estanqueidad al aire de la envolvente (Gráfico 5.78).

En los siguientes apartados pueden observarse los gráficos que representan las simulaciones de la fase ALFA del modelo 04 y en el Anexo se recogen de forma resumida. El listado completo de las soluciones escogidas en cada categoría puede consultarse en la fase BETA del modelo.



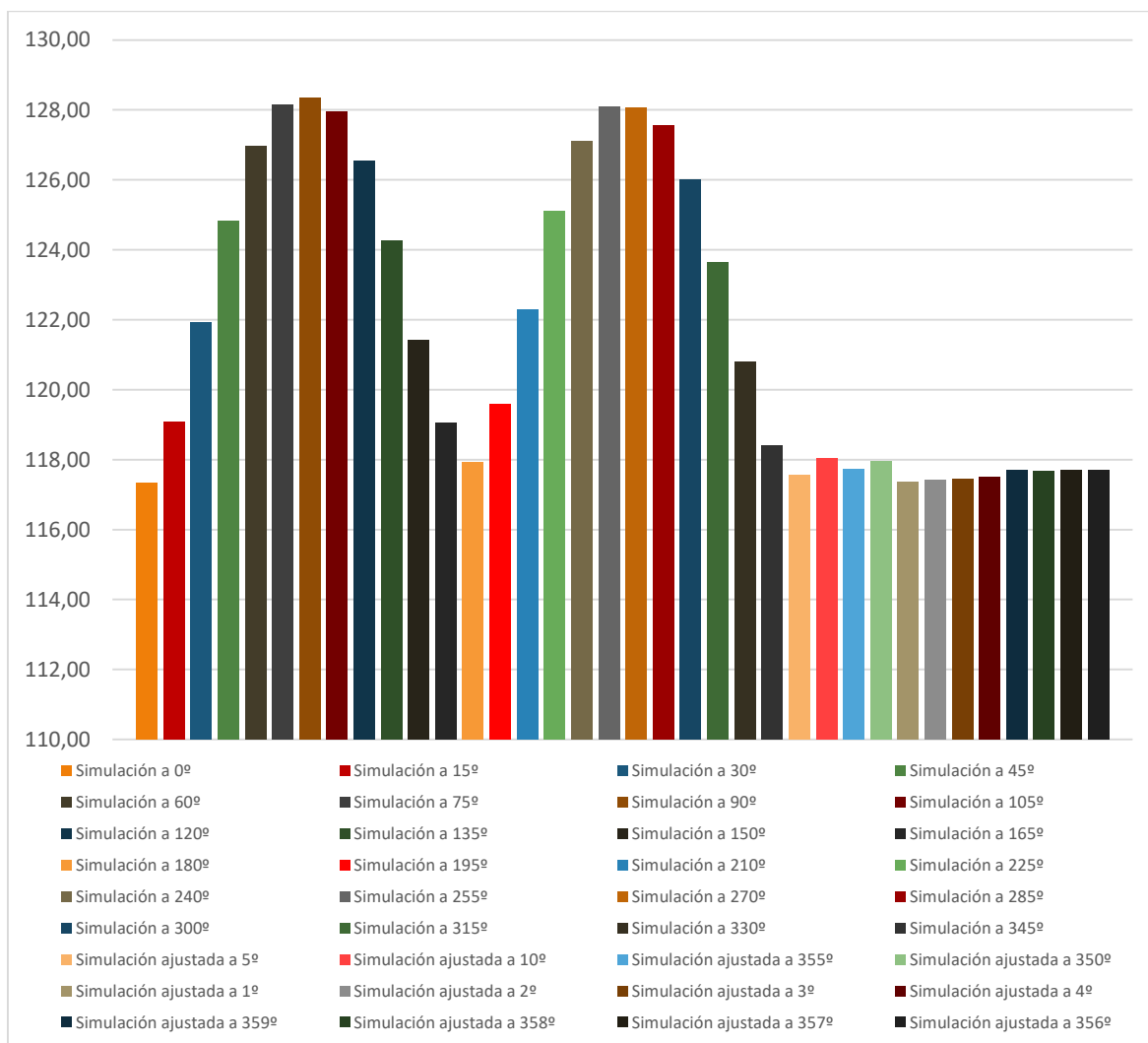
5.6.1. Simulaciones Base – m04c0M

Gráfico 5.64. Simulaciones iniciales del modelo 04, demanda anual en kWh/m²-año



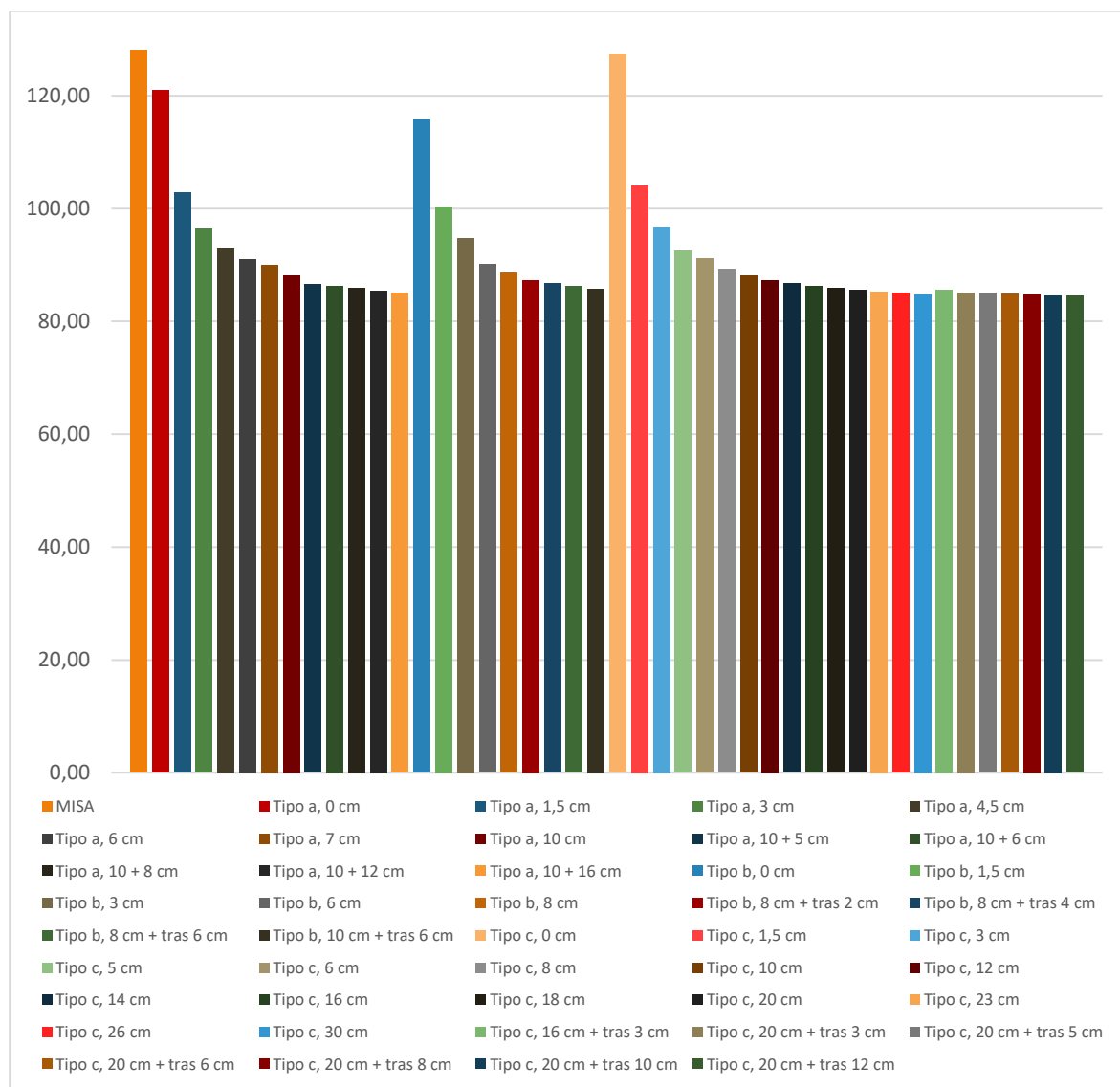
5.6.2. Simulaciones de Orientación – m04c01

Gráfico 5.65. Simulaciones de orientación del modelo 04, demanda anual en kWh/m²-año



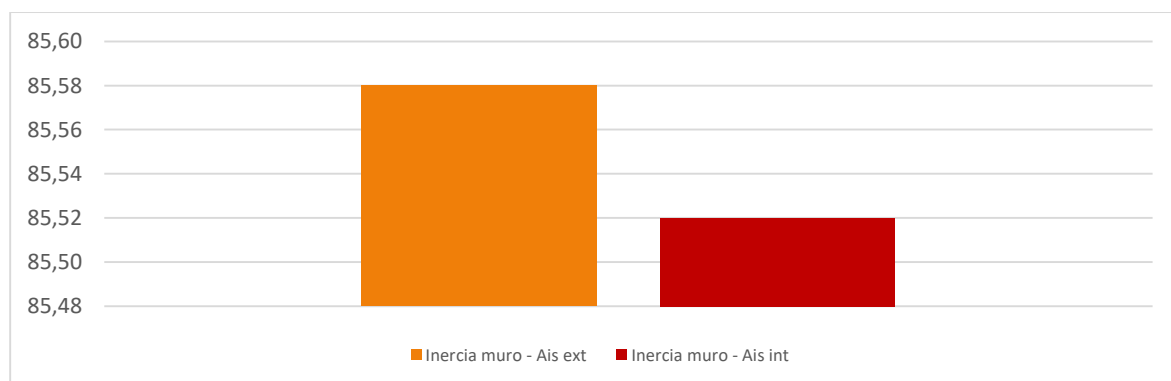
5.6.3. Simulaciones de Paramentos verticales - Fachadas – m04c0201

Gráfico 5.66. Simulaciones de fachadas del modelo 04, demanda anual en kWh/m²-año



5.6.4. Simulaciones de Paramentos verticales - Comprobación inercia – m04c0202

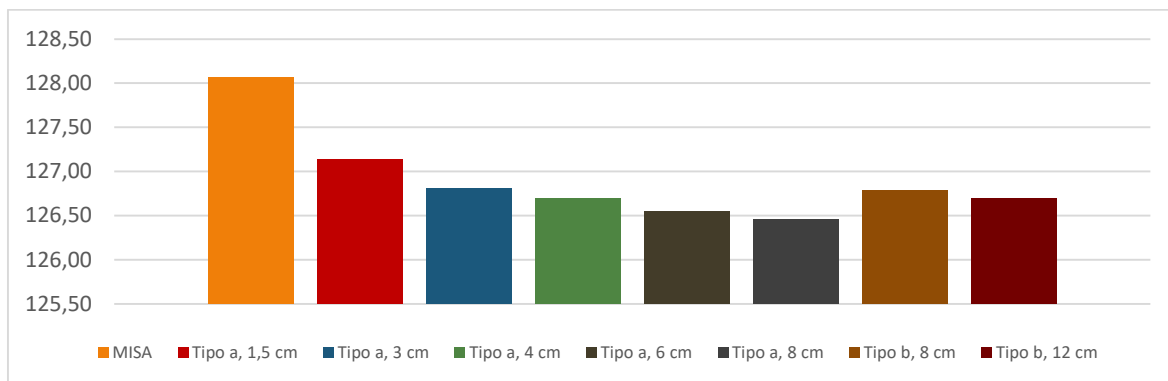
Gráfico 5.67. Simulaciones de paramentos verticales / comprobación de inercia del modelo 04, demanda anual en kWh/m²-año





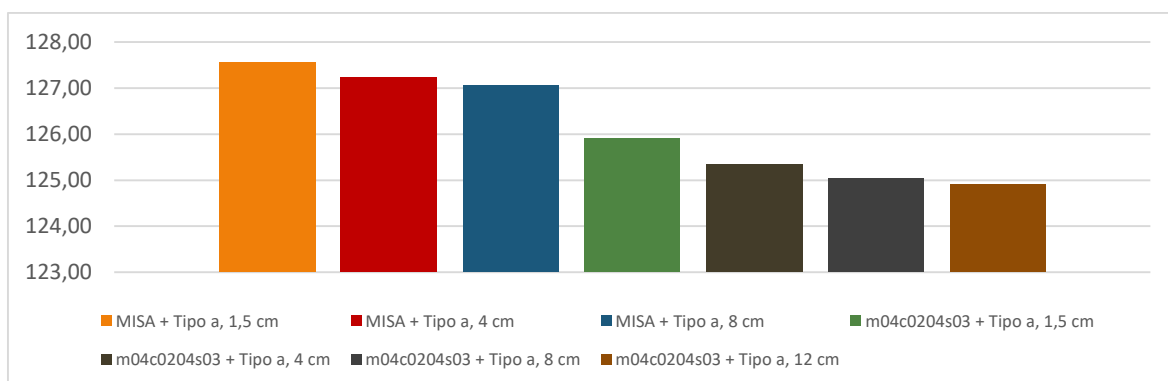
5.6.5. Simulaciones de Paramentos verticales - Tabiques – m04c0204

Gráfico 5.68. Simulaciones de tabiques del modelo 04, demanda anual en kWh/m²-año



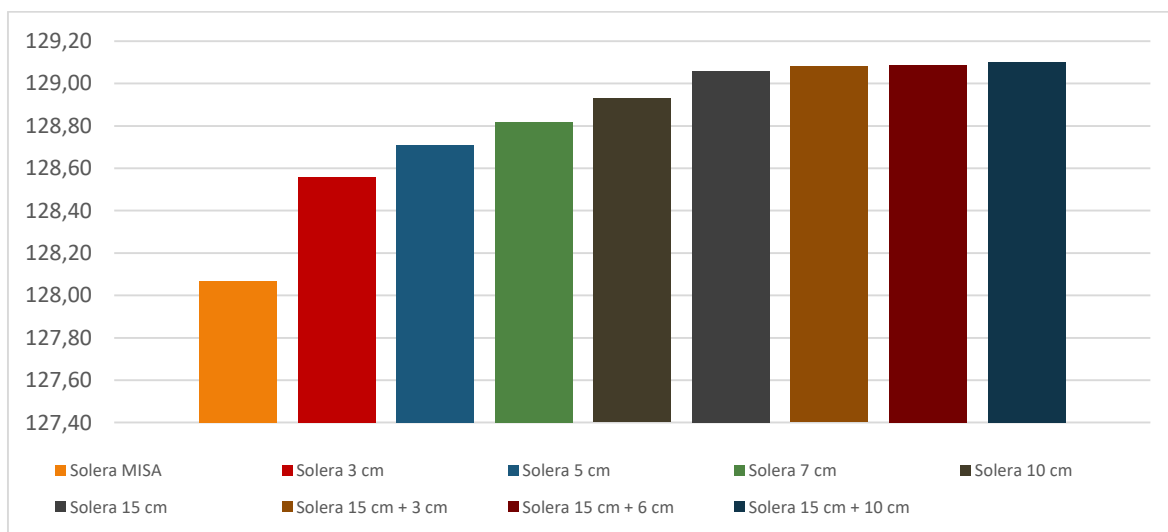
5.6.6. Simulaciones de Paramentos verticales - Tabiques en contacto con zonas no habitables – m04c0205

Gráfico 5.69. Simulaciones de tabiques en contacto con espacios no habitables del modelo 04, demanda anual en kWh/m²-año



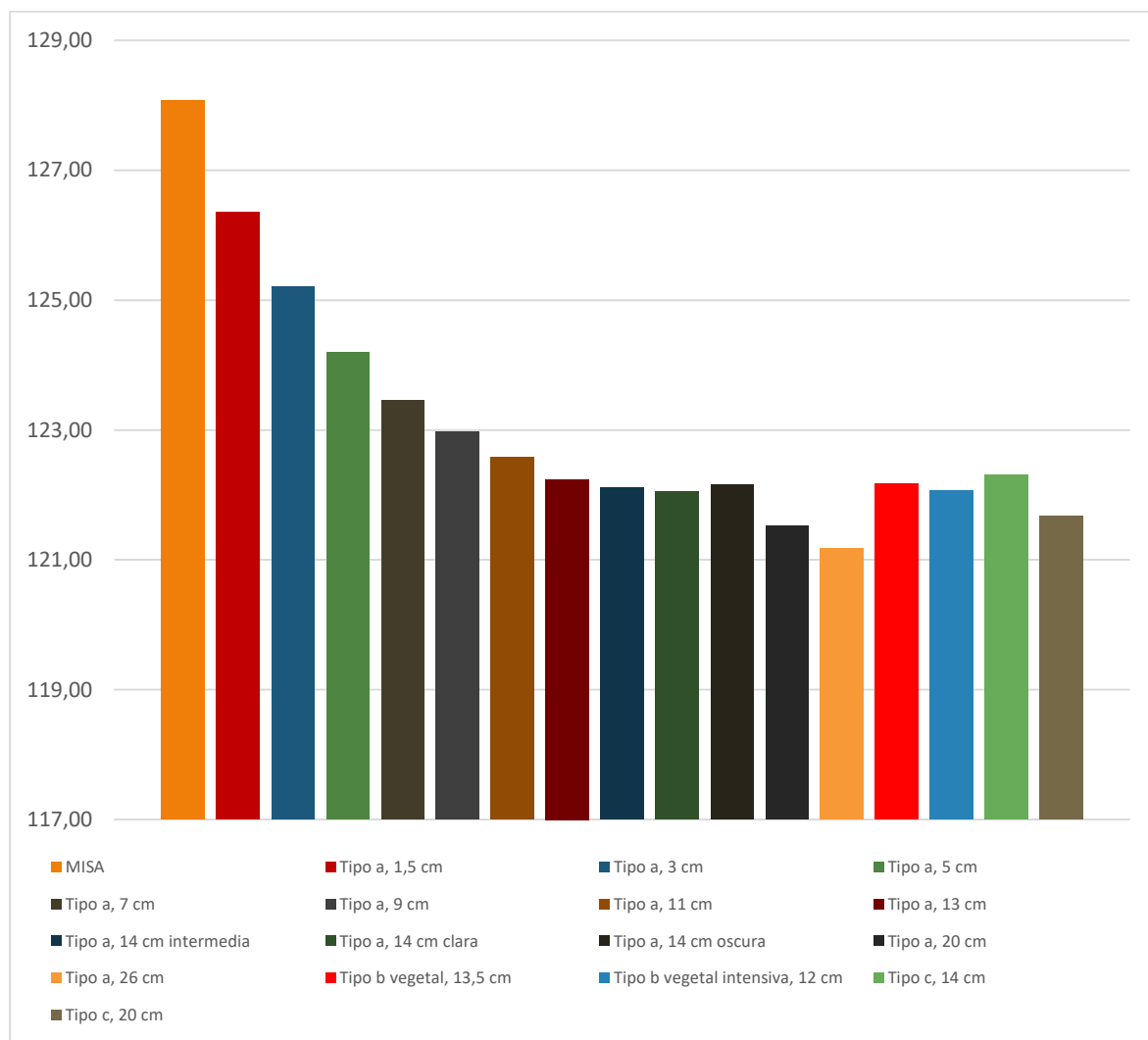
5.6.7. Simulaciones de Paramentos horizontales en contacto con el terreno – m04c0301

Gráfico 5.70. Simulaciones de paramentos horizontales en contacto con el terreno del modelo 04, demanda anual en kWh/m²-año



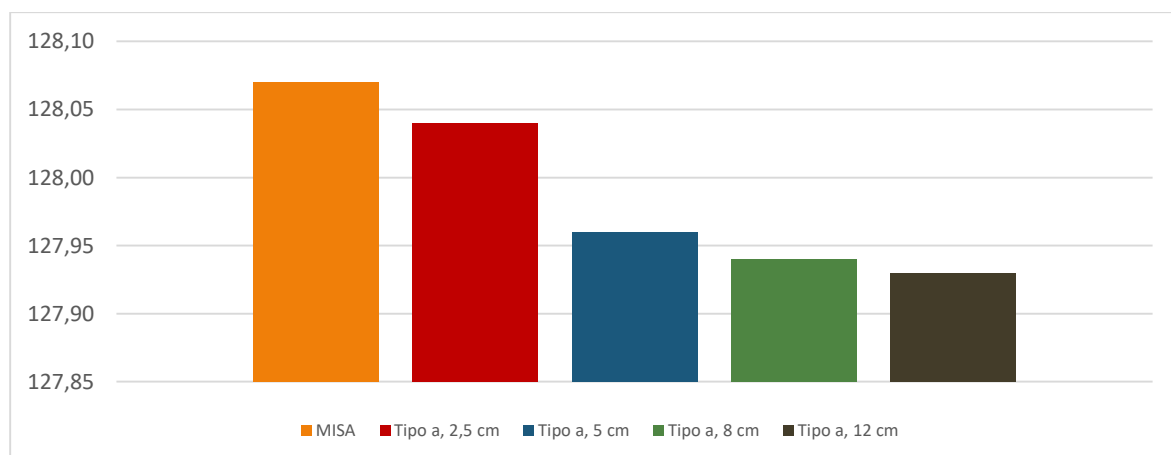
5.6.8. Simulaciones de Paramentos horizontales – Cubierta plana – m04c0302

Gráfico 5.71. Simulaciones de cubierta plana del modelo 04, demanda anual en kWh/m²-año



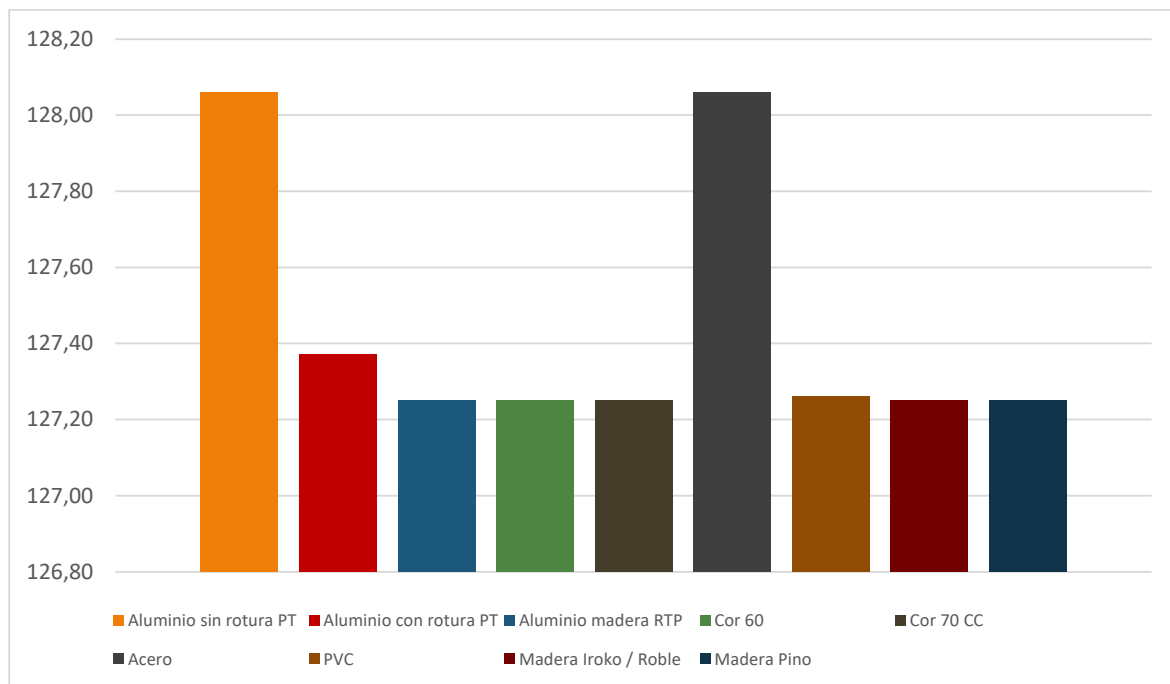
5.6.9. Simulaciones de Paramentos horizontales – Forjados entreplanta – m04c0304

Gráfico 5.72. Simulaciones de paramentos horizontales / entreplanta del modelo 04, demanda anual en kWh/m²-año



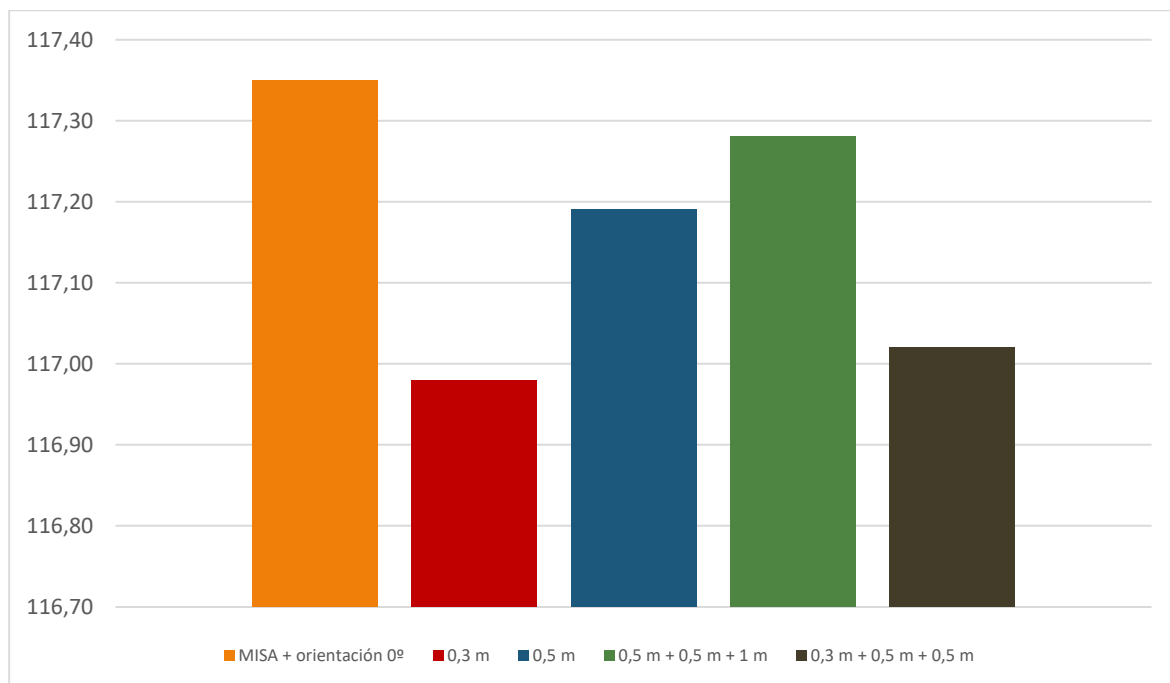
5.6.12. Simulaciones de Huecos acristalados - Marcos – m04c0401

Gráfico 5.75. Simulaciones de marcos del modelo 04, demanda anual en kWh/m²·año



5.6.13. Simulaciones de Huecos acristalados - Sombreado – m04c0402

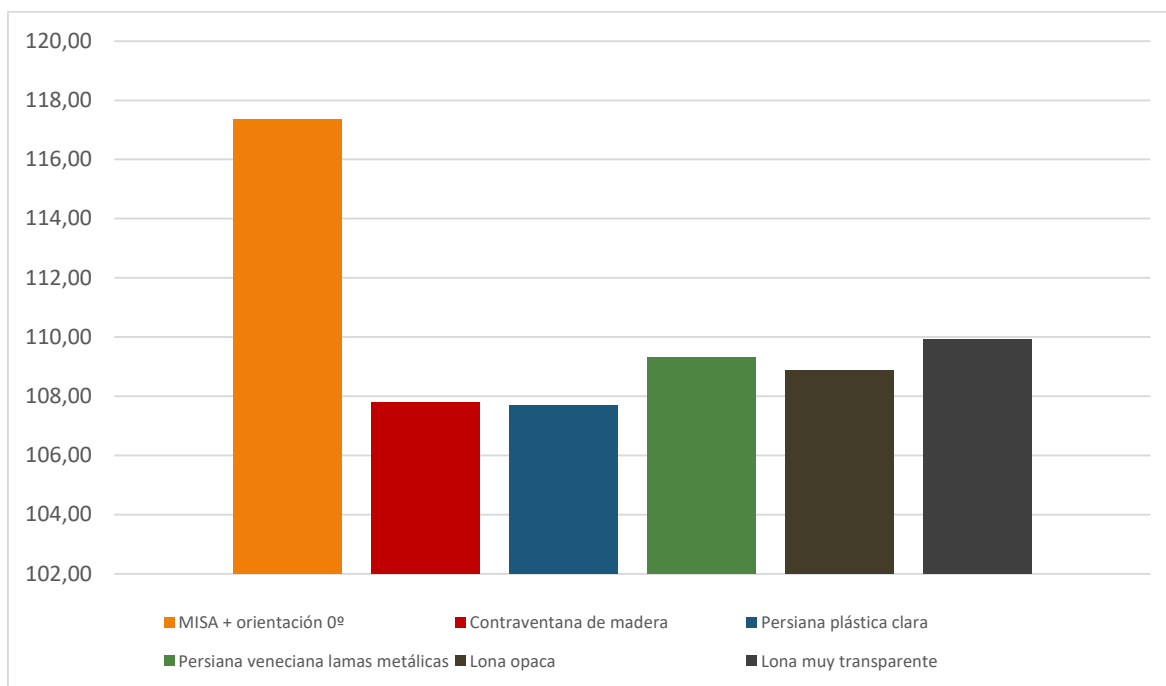
Gráfico 5.76. Simulaciones de sombreado huecos del modelo 04, demanda anual en kWh/m²·año





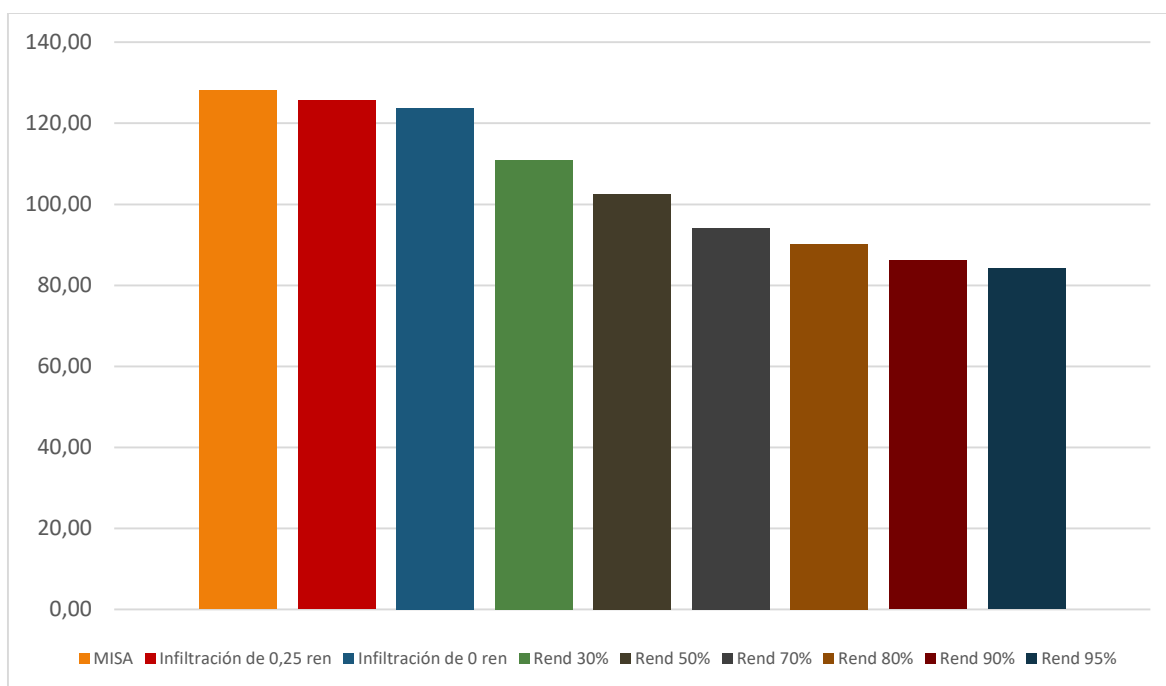
5.6.14. Simulaciones de Huecos acristalados - Protecciones – m04c0403

Gráfico 5.77. Simulaciones de protecciones huecos del modelo 04, demanda anual en kWh/m²-año



5.6.15. Simulaciones de Rendimiento de las instalaciones de ventilación – m04c07

Gráfico 5.78. Simulaciones de rendimiento del recuperador de calor del modelo 04, demanda anual en kWh/m²-año



5.7. Fase ALFA del modelo 05

Las simulaciones se realizan mediante Cypetherm Eplus. Las simulaciones base y las categorías de simulación son equivalentes a las del modelo 04, excepto por las simulaciones de forjados inclinados (tejados) incorporadas debido a la geometría del modelo.

Si bien, el modelo 05 es más sencillo geométricamente que otros empleados en la Tesis Doctoral, la modelización de las condiciones interiores, al tratarse de unas pistas de paddle indoor, ha requerido del empleo en el modelo de recintos virtuales, para obtenerse las condiciones requeridas en las pistas y en el espacio superior a ellas en el interior del edificio.

La demanda energética anual por metro cuadrado del modelo inicial marca la línea base energética de referencia de la fase y tiene un valor de 233,13 kWh / (m²·año) (Gráfico 5.79).

Los principales resultados obtenidos han sido:

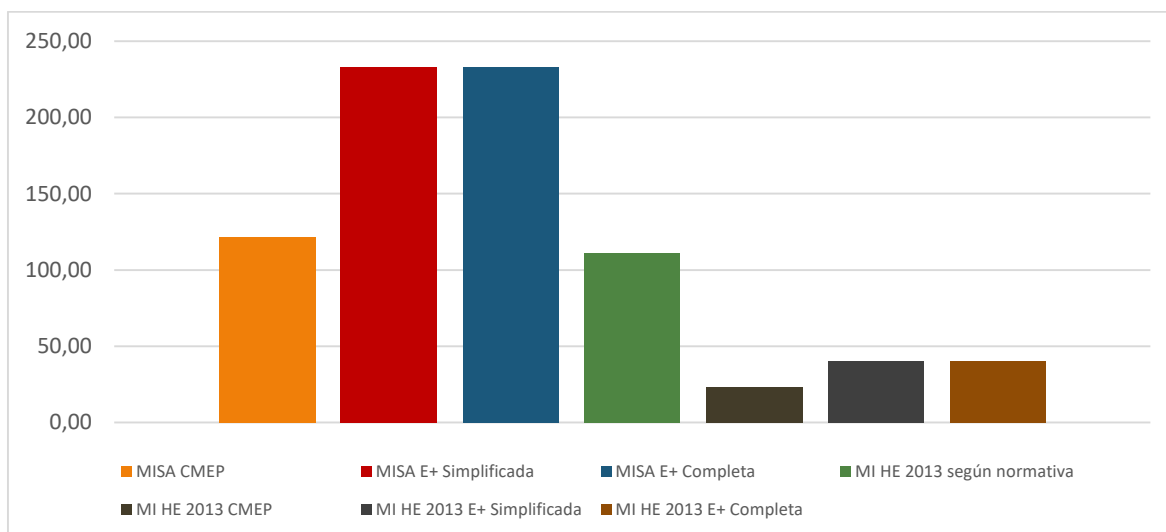
- La orientación del edificio con menor demanda anual se presenta a 80° (Gráfico 5.80).
- En la simulación de fachadas se sigue el procedimiento ya descrito y se escoge una fachada tipo c de 6 cm, se trata de un valor de aislamiento bajo, pero al tratarse de un recinto deportivo con altas cargas internas se comprobará suficiente (Gráfico 5.81).
- Las simulaciones de inercia. Para fachadas hay una reducción de más de 10 kWh / (m²·año) en la simulación con aislamiento por el exterior y para cubiertas el resultado es muy similar en los dos casos (Gráfico 5.82 y Gráfico 5.89).
- En las simulaciones de tabiques entre espacios habitables no hay prácticamente efecto apreciable en la aplicación de aislamiento (un descenso de aproximadamente 0.2 kWh / (m²·año)) (Gráfico 5.83).
- En las simulaciones de tabiques en contacto con espacios no habitables con la incorporación de aislamiento se produce un leve aumento de la demanda (Gráfico 5.84).
- Para los paramentos horizontales en contacto con el terreno la demanda aumenta levemente con la aplicación de aislamientos (Gráfico 5.85).
- Se evalúan para el mirador diferentes tipos de cubiertas planas y forjados entreplantas obteniéndose una mejora marginal en el caso de las cubiertas y un empeoramiento algo mayor en el caso de los forjados entreplantas (Gráfico 5.86 y Gráfico 5.88).
- La cubierta inclinada de la nave tiene una incidencia muy elevada en la demanda del modelo, se escoge una solución próxima al punto de inflexión de la curva, con 14 cm de espesor de lana mineral y se elige de color claro para reducir las cargas de verano. Al ser un recinto deportivo, el modelo cuenta con unas cargas internas de ocupación muy elevadas, enfocándose el diseño en reducir en la medida de lo posible las cargas de refrigeración (Gráfico 5.87).
- Un enfoque parecido se toma con los vidrios, carpinterías, sombreados, protecciones, etc., se prima reducir la demanda de refrigeración, tratando de aumentar lo mínimo posible la de calefacción (Gráfico 5.90, Gráfico 5.91, Gráfico 5.92 y Gráfico 5.93).
- Finalmente, se realizan las simulaciones que incorporan el recuperador de calor y se consideran infiltraciones (Gráfico 5.94).

En los siguientes apartados pueden observarse los gráficos que representan las simulaciones de la fase ALFA del modelo 05 y en el Anexo se recogen de forma resumida. El listado completo de las soluciones escogidas en cada categoría puede consultarse en la fase BETA del modelo.



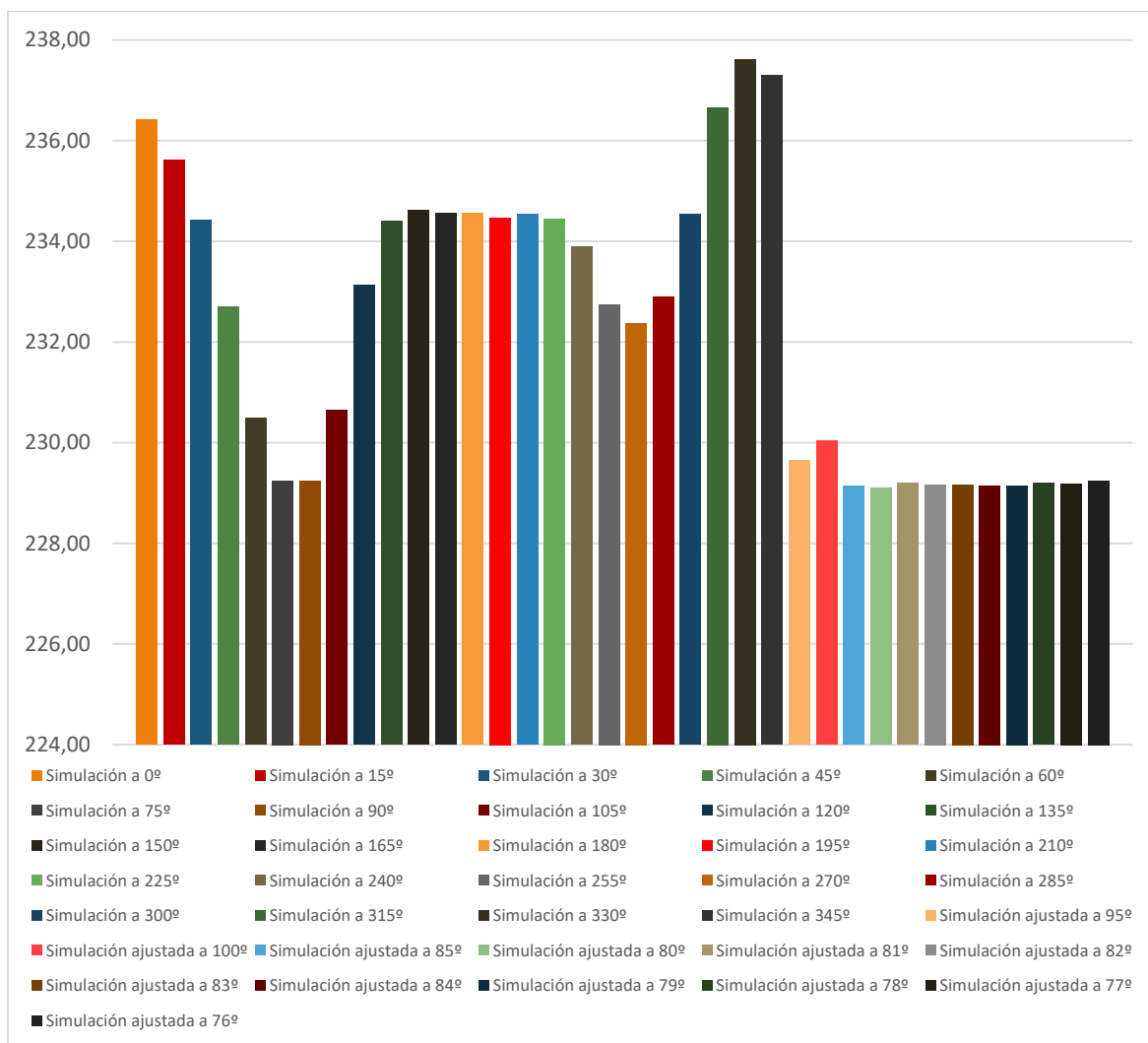
5.7.1. Simulaciones Base – m05c0M

Gráfico 5.79. Simulaciones iniciales del modelo 05, demanda anual en kWh/m²-año



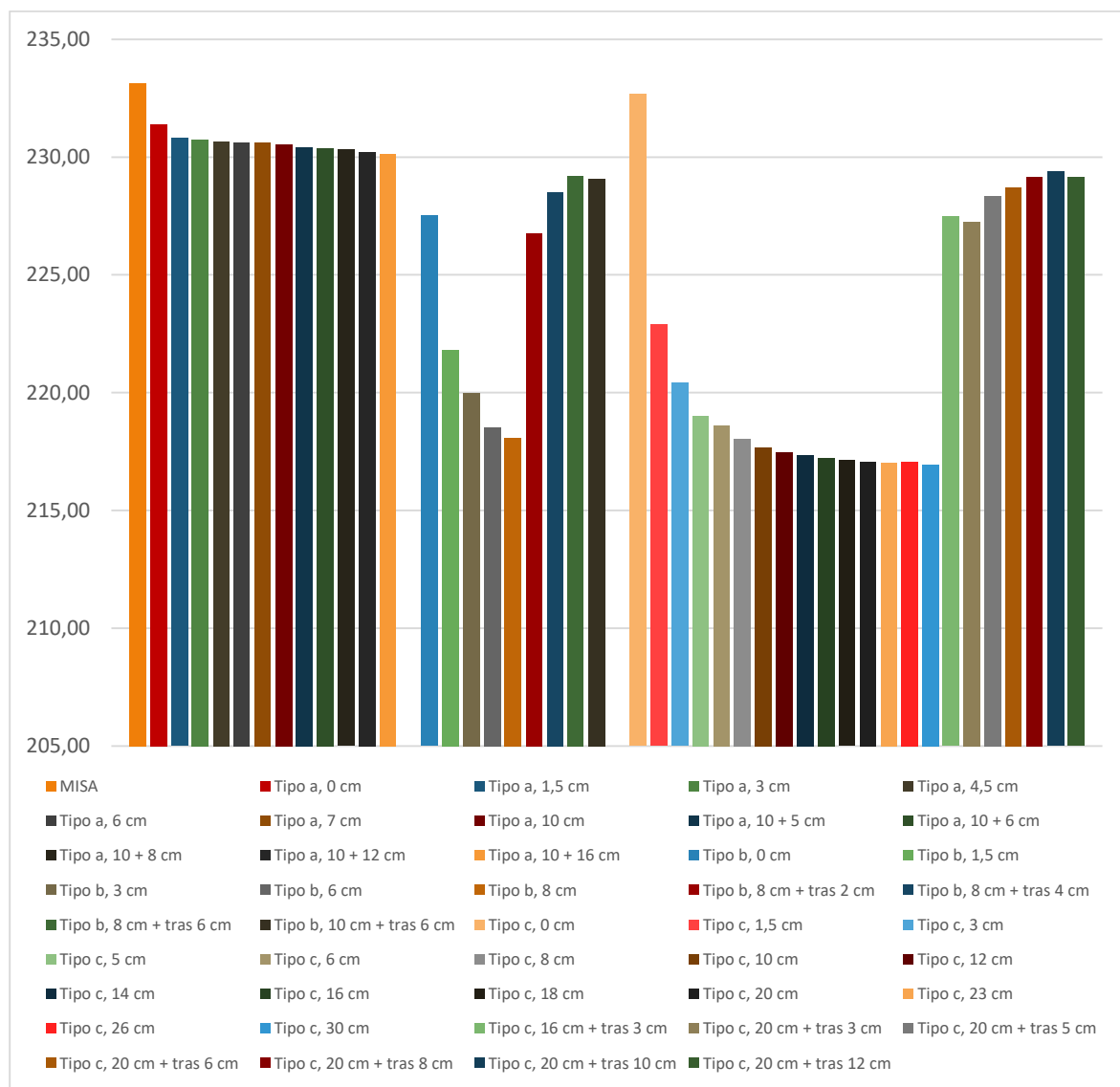
5.7.2. Simulaciones de Orientación – m05c01

Gráfico 5.80. Simulaciones de orientación del modelo 05, demanda anual en kWh/m²-año



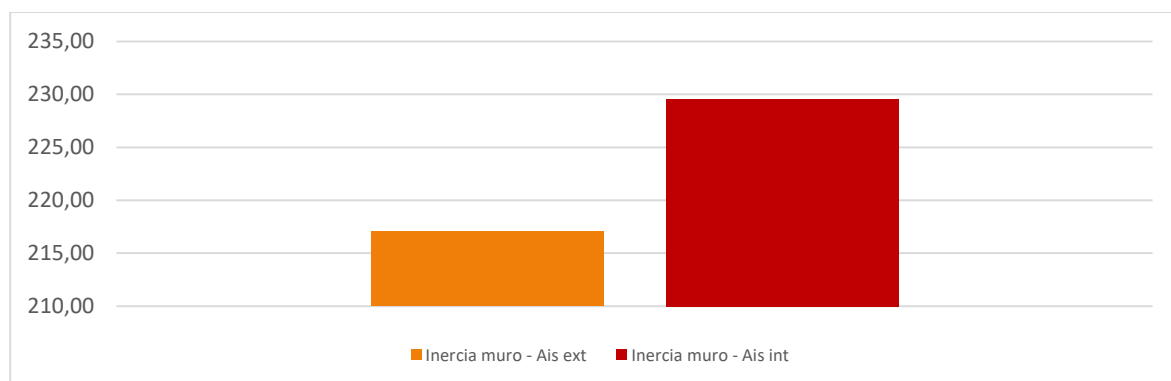
5.7.3. Simulaciones de Paramentos verticales - Fachadas – m05c0201

Gráfico 5.81. Simulaciones de fachadas del modelo 05, demanda anual en kWh/m²·año



5.7.4. Simulaciones de Paramentos verticales - Comprobación inercia – m05c0202

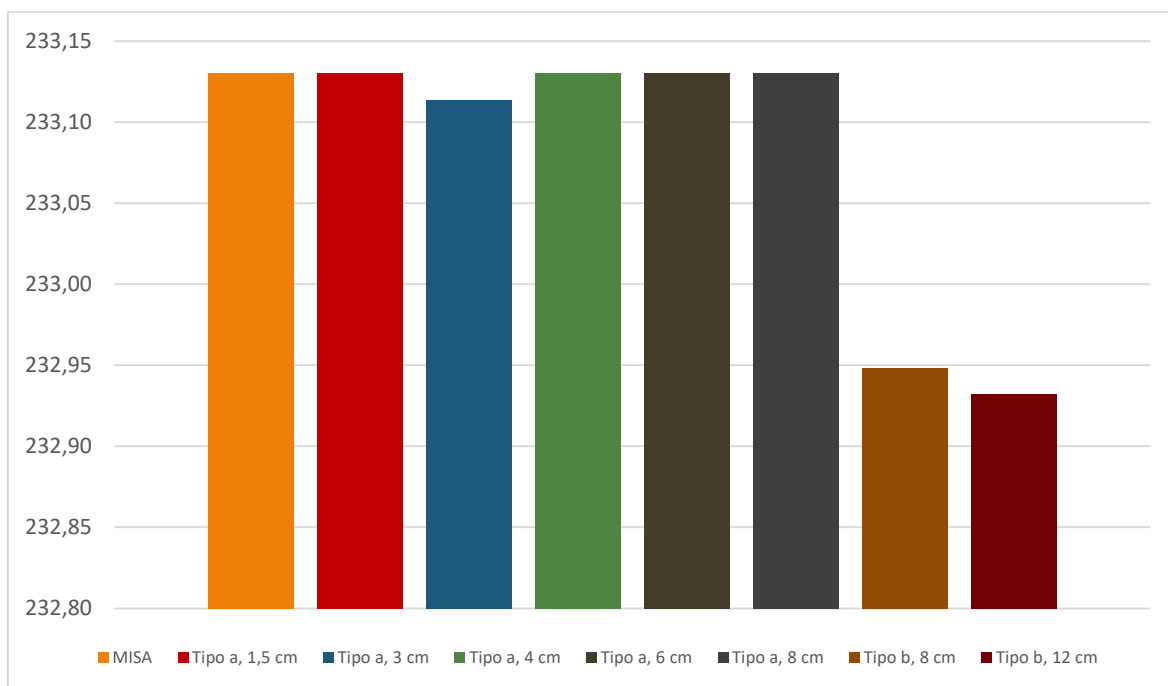
Gráfico 5.82. Simulaciones de paramentos verticales / muros inercia del modelo 05, demanda anual en kWh/m²·año





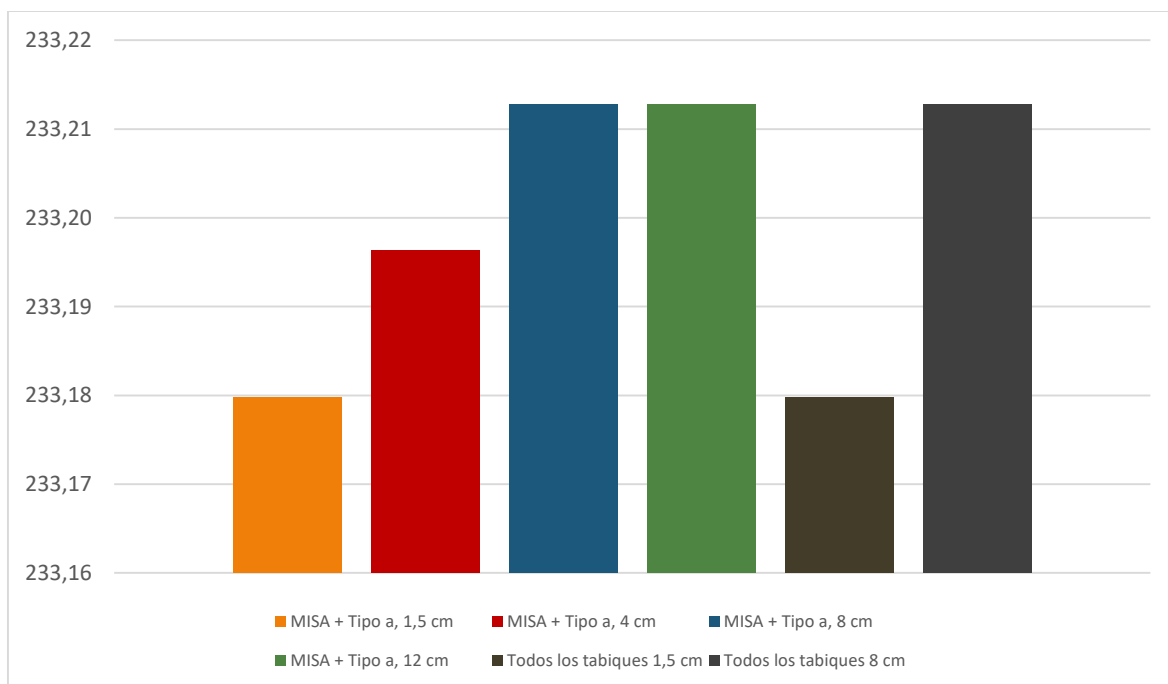
5.7.5. Simulaciones de Paramentos verticales - Tabiques – m05c0204

Gráfico 5.83. Simulaciones de tabiques del modelo 05, demanda anual en kWh/m²-año



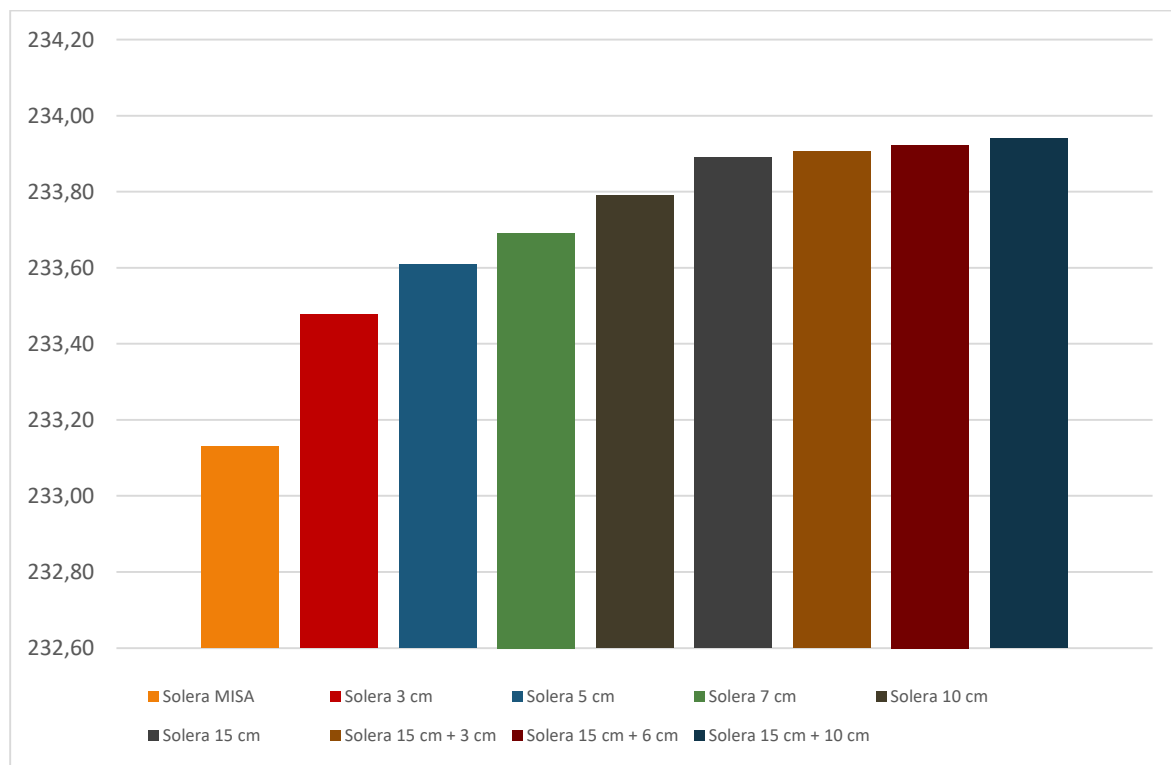
5.7.6. Simulaciones de Paramentos verticales - Tabiques en contacto con zonas no habitables – m05c0205

Gráfico 5.84. Simulaciones de tabiques en contacto con espacios no habitables del modelo 05, demanda anual en kWh/m²-año



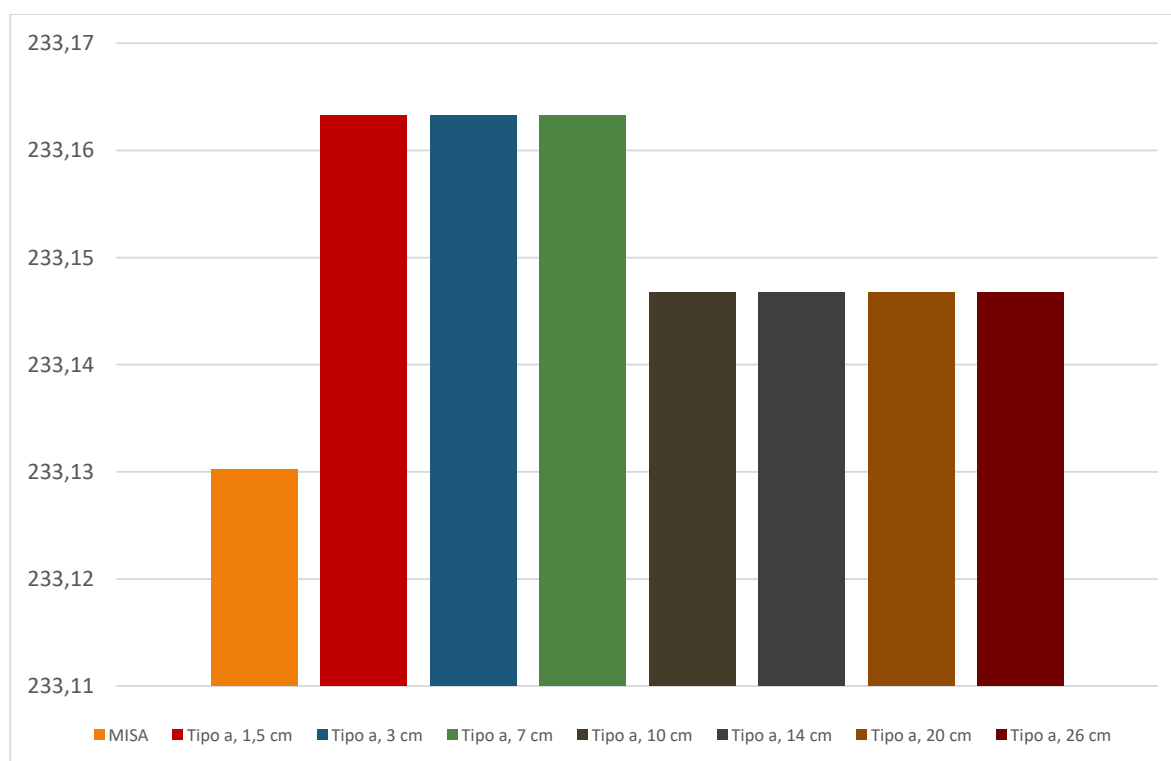
5.7.7. Simulaciones de Paramentos horizontales en contacto con el terreno—m05c0301

Gráfico 5.85. Simulaciones de paramentos horizontales en contacto con el terreno del modelo 05, demanda anual en kWh/m²·año



5.7.8. Simulaciones de Paramentos horizontales – Cubierta plana – m05c0302

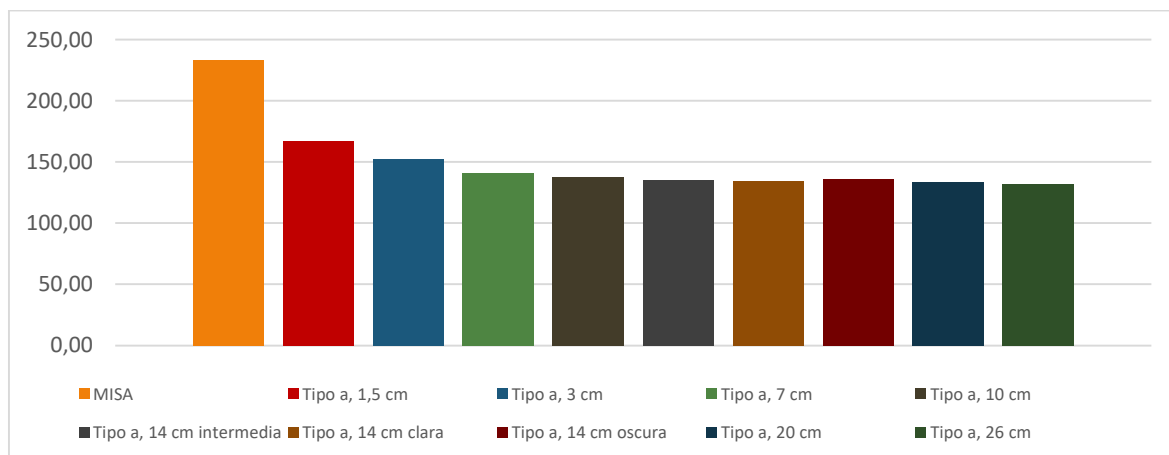
Gráfico 5.86. Simulaciones de cubierta plana del modelo 05, demanda anual en kWh/m²·año





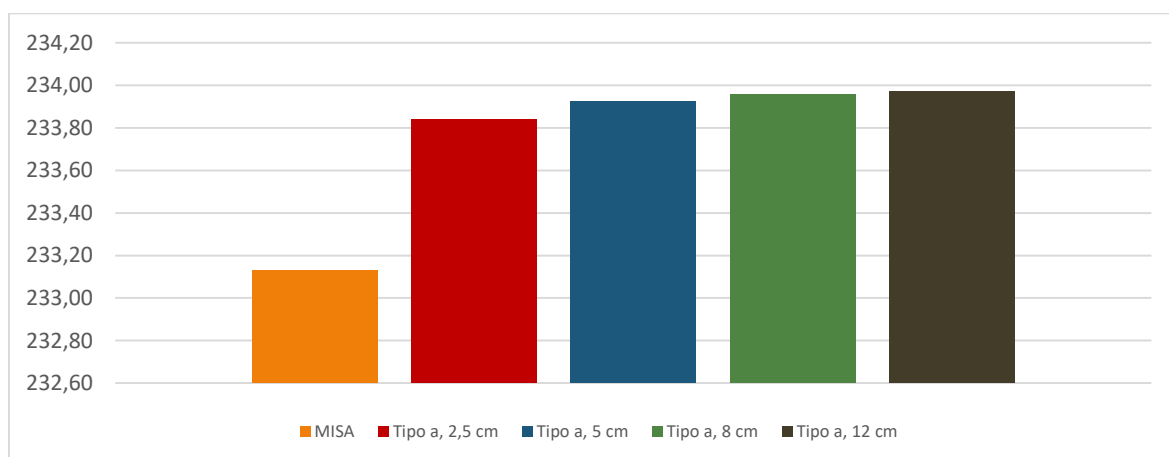
5.7.9. Simulaciones de Paramentos horizontales – Cubierta inclinada – m05c0303

Gráfico 5.87. Simulaciones de paramentos horizontales inclinados del modelo 05, demanda anual en kWh/m²-año



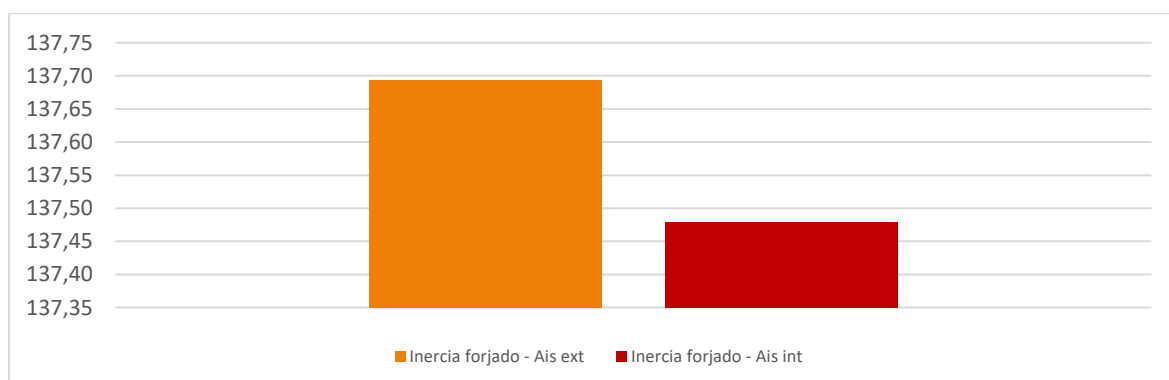
5.7.10. Simulaciones de Paramentos horizontales - Entreplantas – m05c0304

Gráfico 5.88. Simulaciones de paramentos horizontales / entreplanta del modelo 05, demanda anual en kWh/m²-año



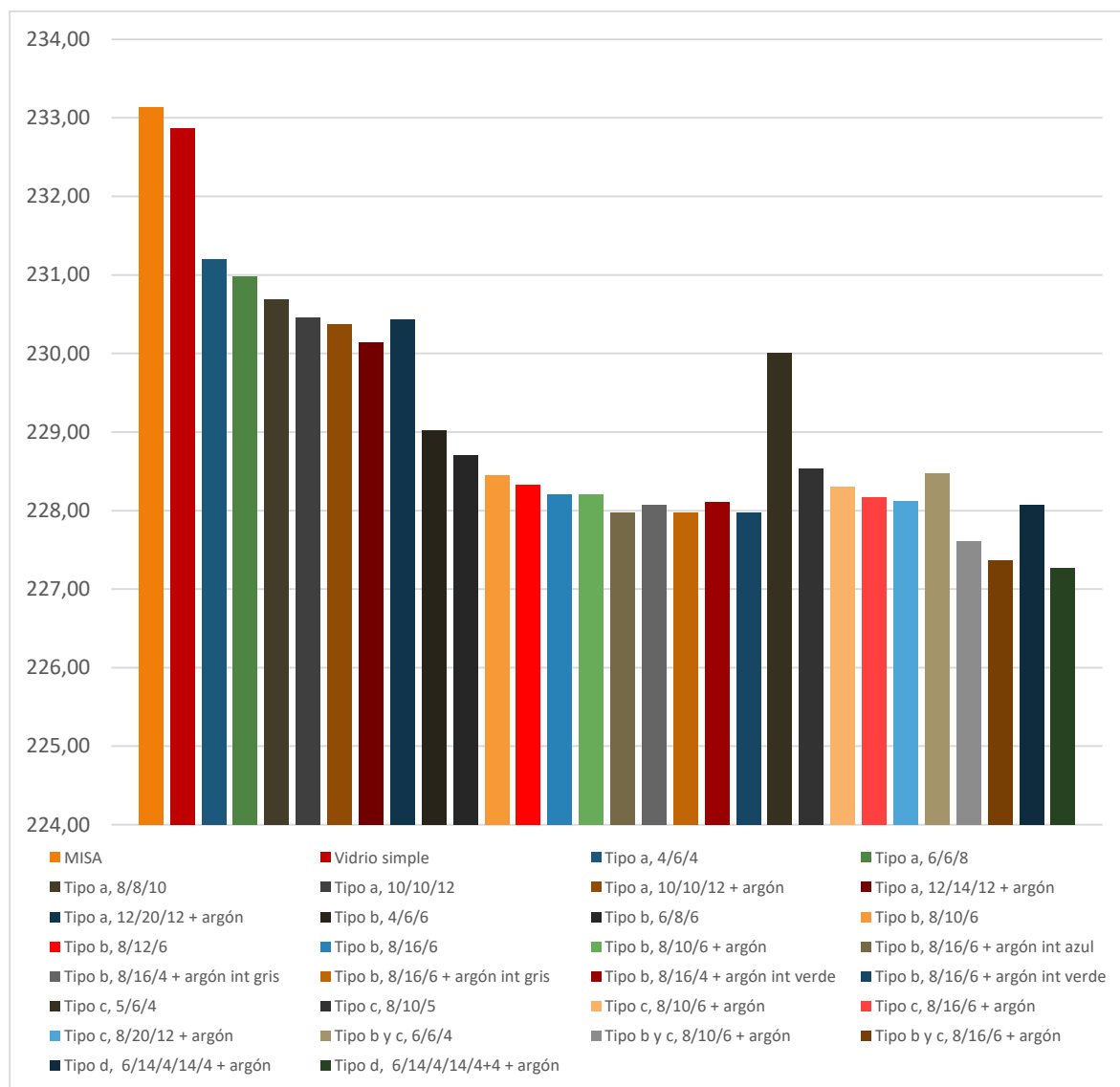
5.7.11. Simulaciones de Paramentos horizontales - Comprobación inercia – m05c0305

Gráfico 5.89. Simulaciones de paramentos horizontales / inercia del modelo 05, demanda anual en kWh/m²-año



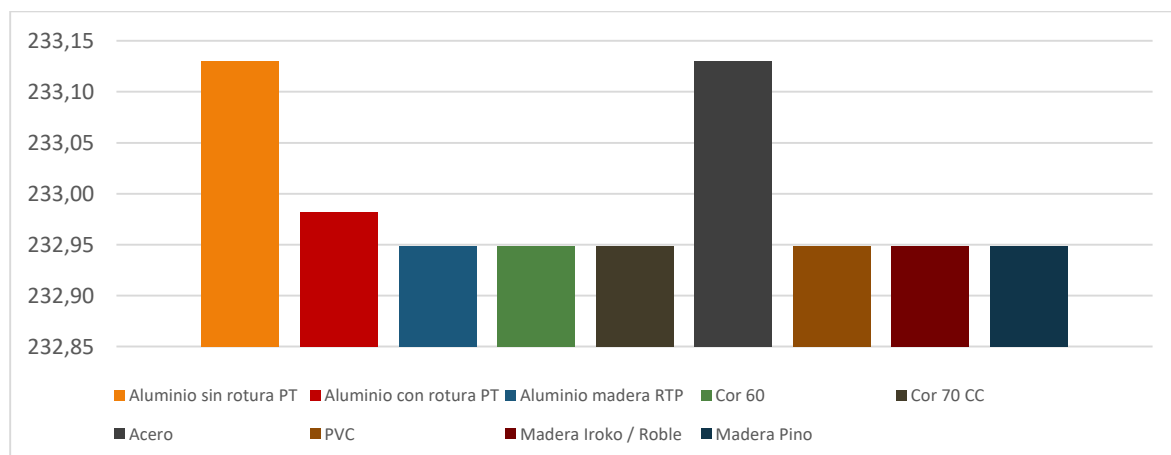
5.7.12. Simulaciones de Huecos acristalados - Vidrios – m05c0401

Gráfico 5.90. Simulaciones de ventanas del modelo 05, demanda anual en kWh/m²-año



5.7.13. Simulaciones de Huecos acristalados - Marcos – m05c0401

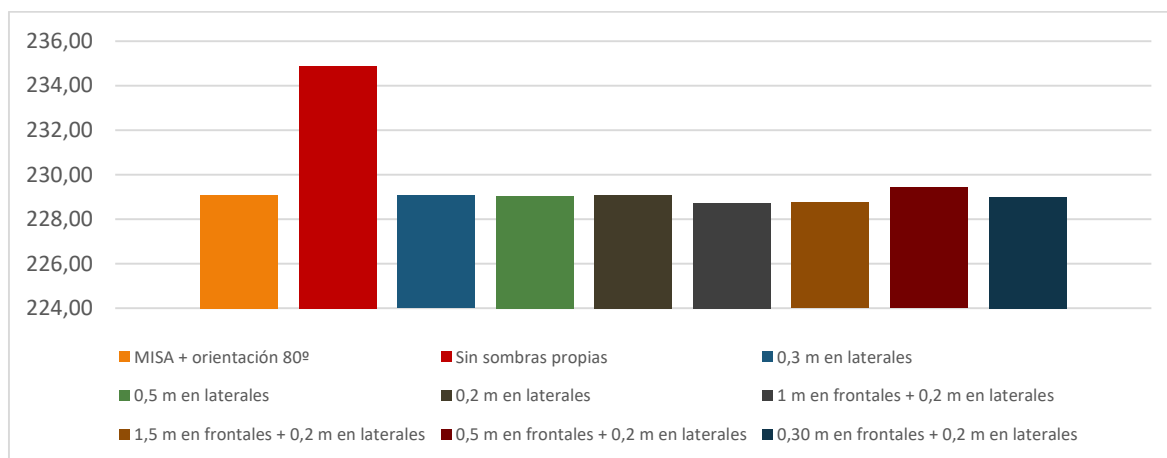
Gráfico 5.91. Simulaciones de marcos del modelo 05, demanda anual en kWh/m²-año





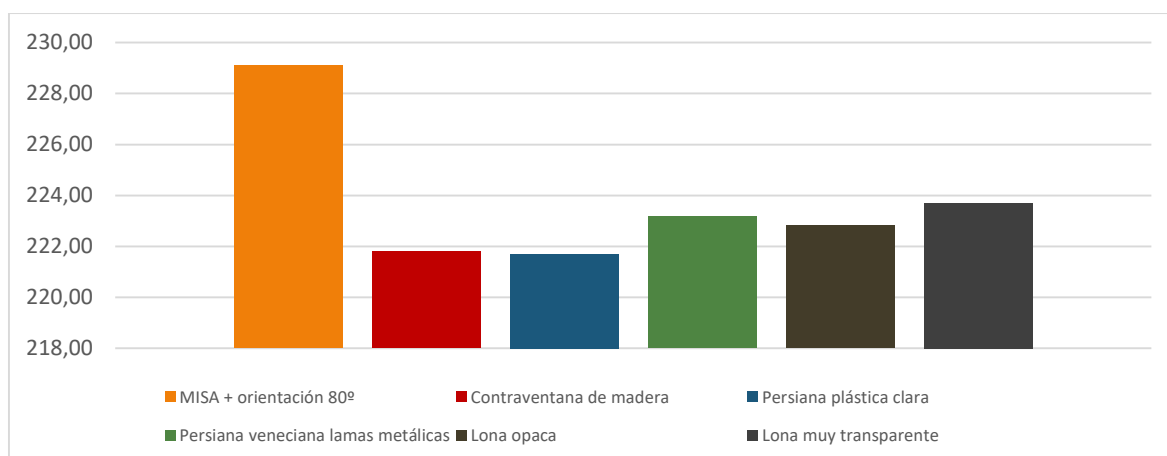
5.7.14. Simulaciones de Huecos acristalados - Sombreado – m05c0402

Gráfico 5.92. Simulaciones de sombreado huecos del modelo 05, demanda anual en kWh/m².año



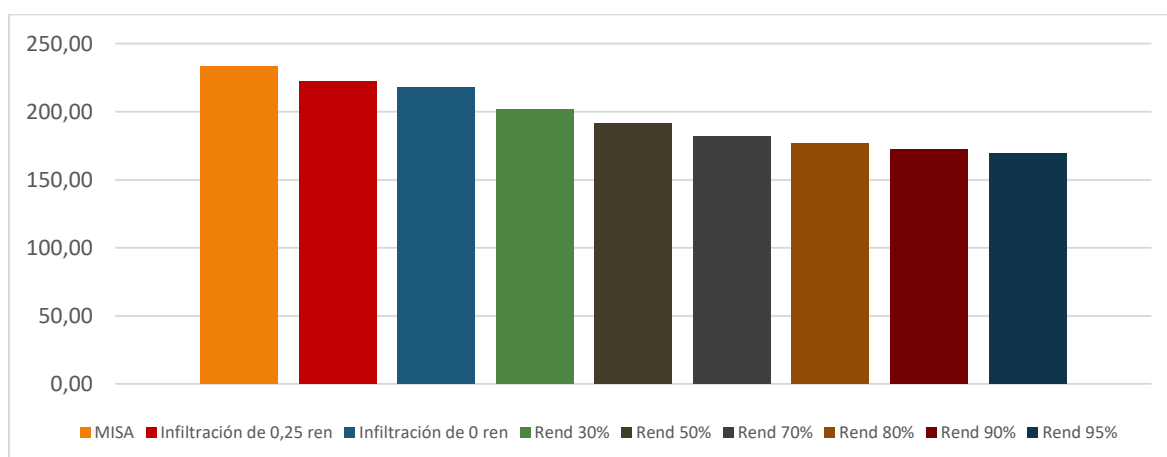
5.7.15. Simulaciones de Huecos acristalados - Protecciones – m05c0403

Gráfico 5.93. Simulaciones de protecciones huecos del modelo 05, demanda anual en kWh/m².año



5.7.16. Simulaciones de Rendimiento de las instalaciones de ventilación – m05c07

Gráfico 5.94. Simulaciones de rendimiento del recuperador de calor del modelo 05, demanda anual en kWh/m².año



5.8. Fase ALFA del modelo 06

Las simulaciones se realizan mediante Cypetherm Eplus. Las simulaciones base son equivalentes a las de los modelos 03, 04 y 05. Todas las categorías de simulación de la fase, excepto acabados y sombreados ajenos, están consideradas en este modelo. La demanda energética anual por metro cuadrado del modelo inicial marca la línea base energética de referencia de la fase y tiene un valor de 164,45 kWh / (m²-año) (Gráfico 5.95).

Los principales resultados obtenidos han sido:

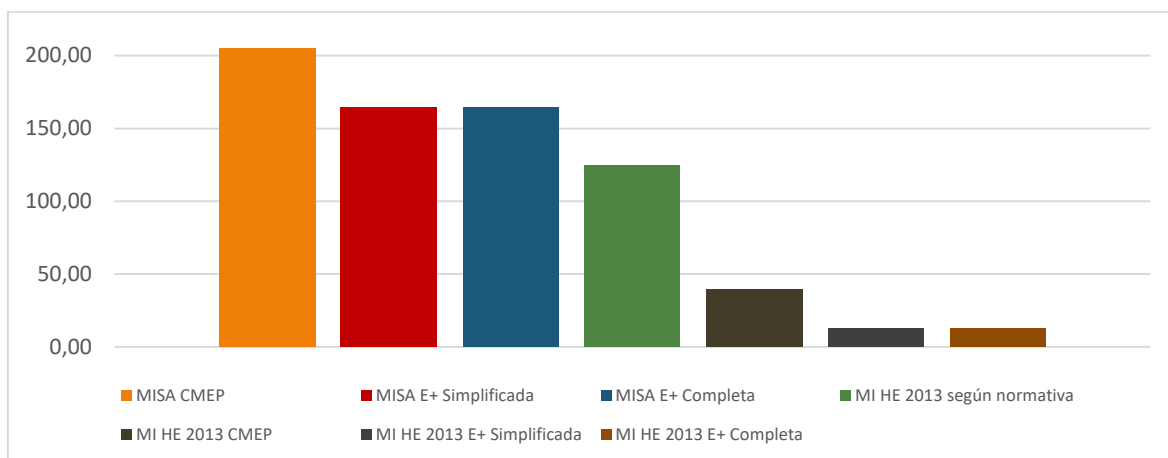
- La orientación del edificio con menor demanda anual se presenta a 75°, al no ser un edificio simétrico cuadrangular, como los anteriores modelos, en la gráfica solo se aprecian un máximo y un mínimo en el que se encuentra la orientación óptima (Gráfico 5.96).
- Para la simulación de las fachadas se evalúan los muros de la nave industrial y de las oficinas por separado realizándose un total de 49 simulaciones. Se selecciona un muro sin aislamiento para la nave y un tipo c de 12 cm de aislamiento en las oficinas (Gráfico 5.97).
- Se realizan las simulaciones de inercia, para fachadas con un resultado más favorable solo por unas décimas de kWh / (m²-año) para la simulación con aislamiento por el interior y a la inversa para las para cubiertas (Gráfico 5.98 y Gráfico 5.105).
- Las dos simulaciones de tabiques presentan un comportamiento similar con un descenso de la demanda con la incorporación de aislamiento (Gráfico 5.99 y Gráfico 5.100).
- Para los paramentos horizontales en contacto con el terreno la demanda aumenta levemente con la aplicación de aislamientos (Gráfico 5.101).
- Se evalúan los diferentes tipos, ya descritos, de cubiertas planas en la oficina, se producen las reducciones de demanda esperables (Gráfico 5.102).
- En la cubierta inclinada de la nave se simula la incorporación de diferentes valores de aislamiento, produciéndose una reducción en la demanda, esto es debido a que, a pesar de tratarse de un espacio no climatizado, es limítrofe con otros que lo son (Gráfico 5.103).
- En los paramentos horizontales entreplantas se presenta una importante reducción en la demanda al ser, en toda la zona de la oficina, parte de la envolvente térmica del edificio (Gráfico 5.104).
- El modelo cuenta con una superficie acristalada elevada en la zona de oficinas, por ello se seleccionan los vidrios con mejor desempeño energético (Gráfico 5.106).
- Las simulaciones de los diferentes tipos de marcos constatan que los modelos con mejor desempeño son los COR y en el PVC (Gráfico 5.107).
- Se seleccionan manualmente los huecos sobre los que se aplican voladizos de 50 cm y se incorporan persianas plásticas claras (Gráfico 5.108 y Gráfico 5.109).
- Por último, se estudian los efectos sobre la demanda de las infiltraciones y la incorporación y variación del rendimiento de un recuperador de calor (Gráfico 5.110).

En los siguientes apartados pueden observarse los gráficos que representan las simulaciones de la fase ALFA del modelo 06 y en el Anexo se recogen de forma resumida. El listado completo de las soluciones escogidas en cada categoría puede consultarse en la fase BETA del modelo.



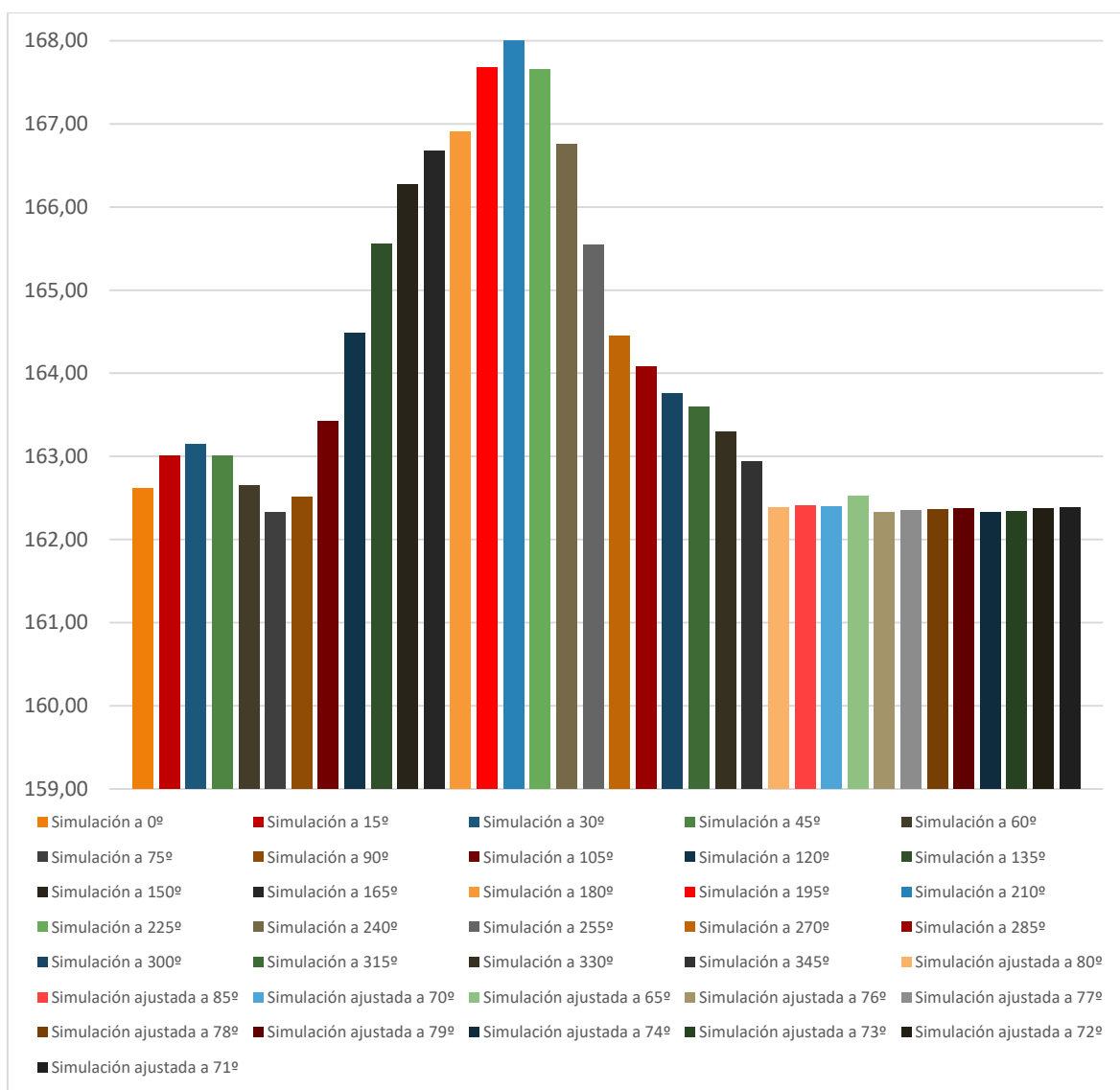
5.8.1. Simulaciones Base – m06c0M

Gráfico 5.95. Simulaciones iniciales del modelo 06, demanda anual en kWh/m²-año



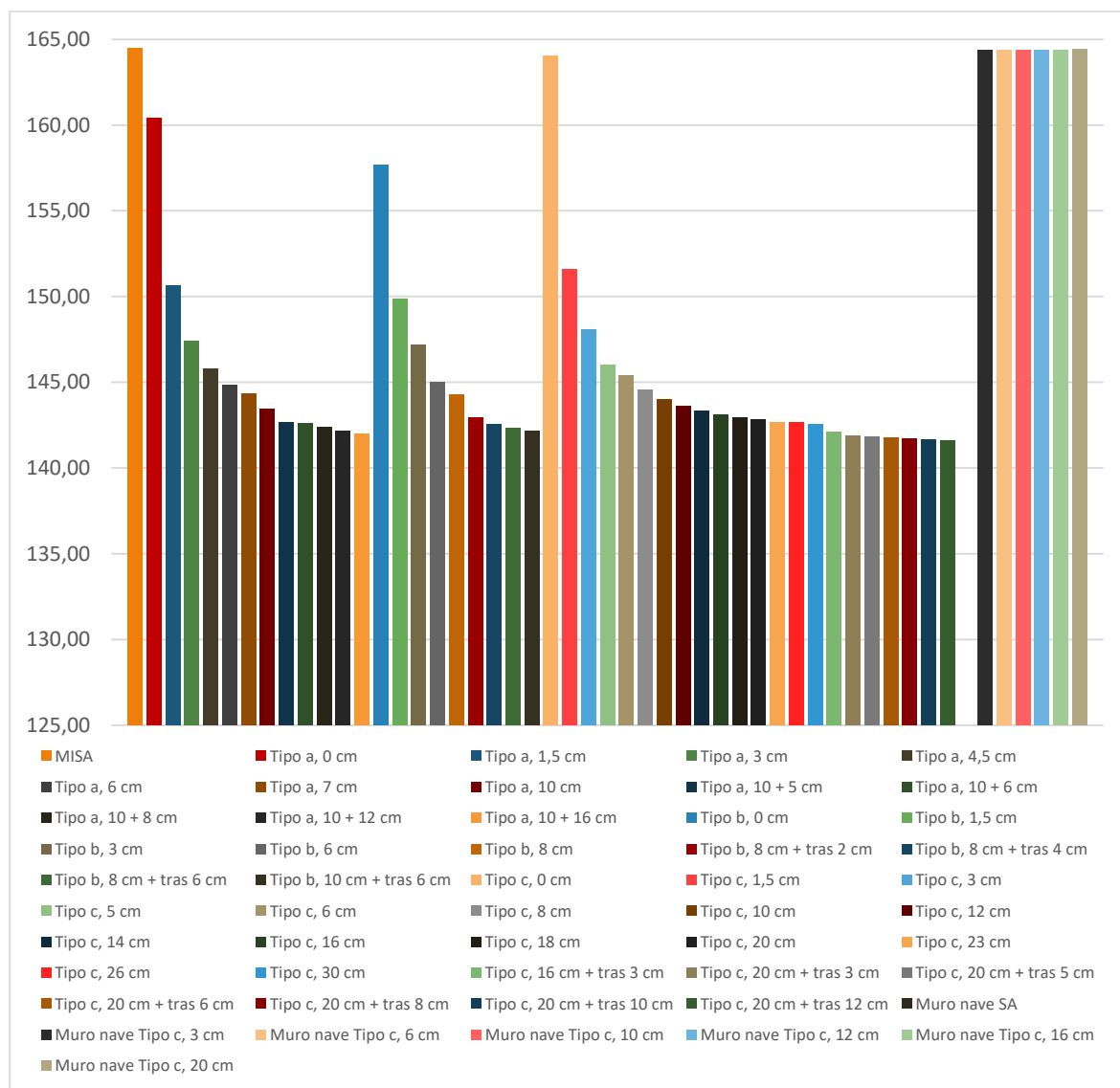
5.8.2. Simulaciones de Orientación – m06c01

Gráfico 5.96. Simulaciones de orientación del modelo 06, demanda anual en kWh/m²-año



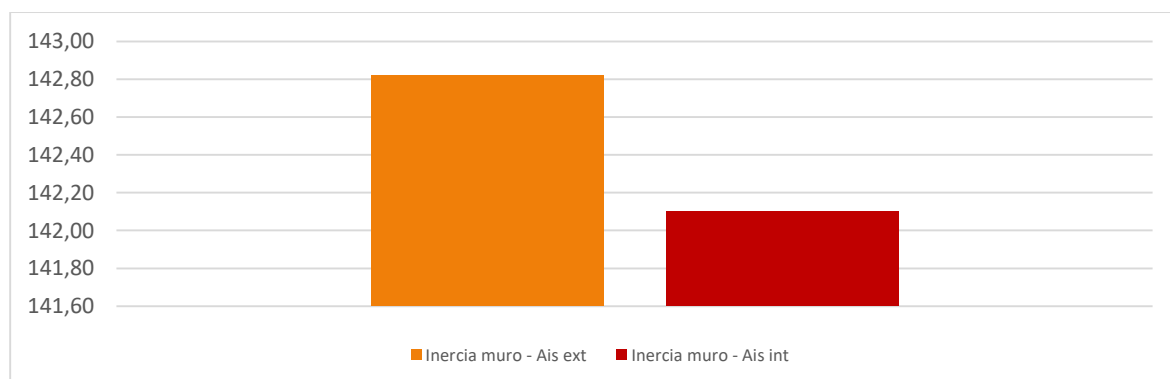
5.8.3. Simulaciones de Paramentos verticales - Fachadas – m06c0201

Gráfico 5.97. Simulaciones de fachadas del modelo 06, demanda anual en kWh/m²-año



5.8.4. Simulaciones de Paramentos verticales - Comprobación inercia – m06c0202

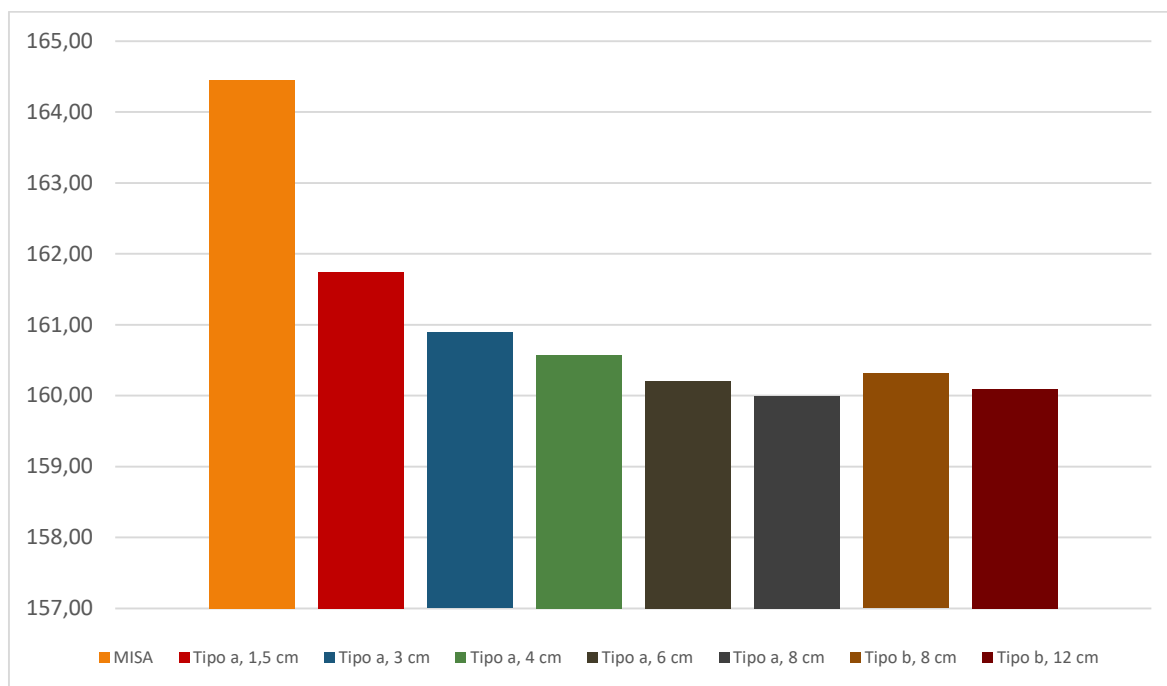
Gráfico 5.98. Simulaciones de paramentos verticales / muros inercia del modelo 06, demanda anual en kWh/m²-año





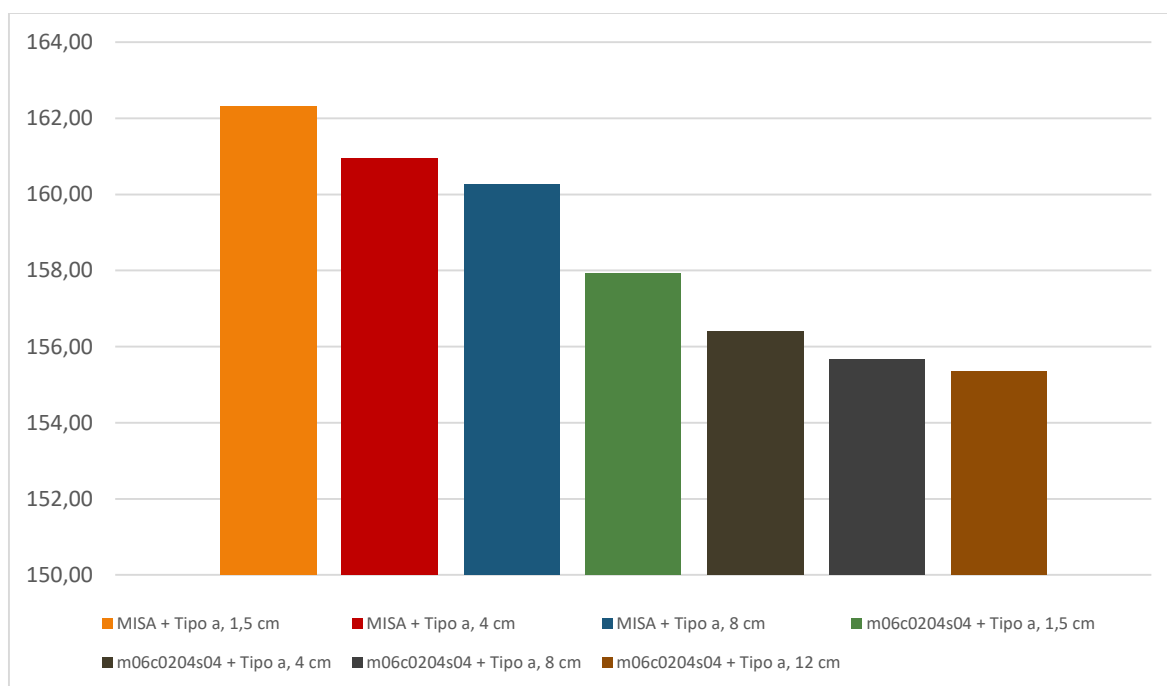
5.8.5. Simulaciones de Paramentos verticales - Tabiques – m06c0204

Gráfico 5.99. Simulaciones de tabiques del modelo 06, demanda anual en kWh/m²-año



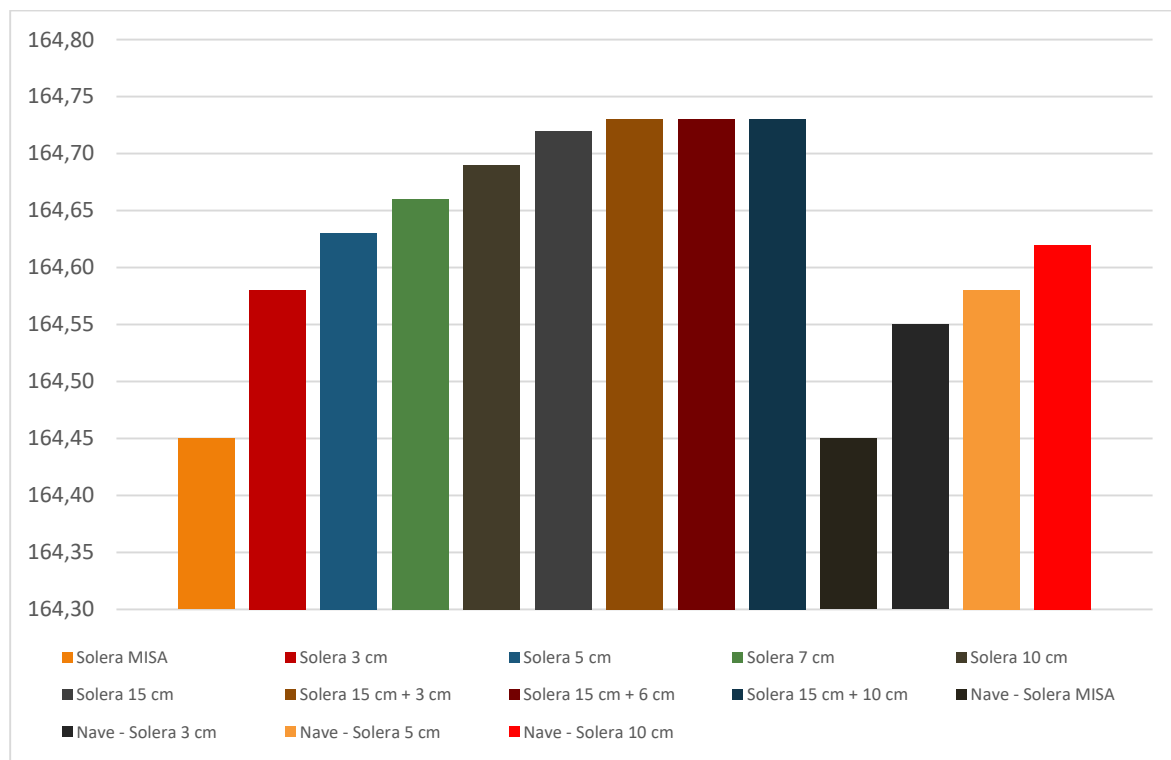
5.8.6. Simulaciones de Paramentos verticales - Tabiques en contacto con zonas no habitables – m06c0205

Gráfico 5.100. Simulaciones de tabiques en contacto con espacios no habitables del modelo 06, demanda anual en kWh/m²-año



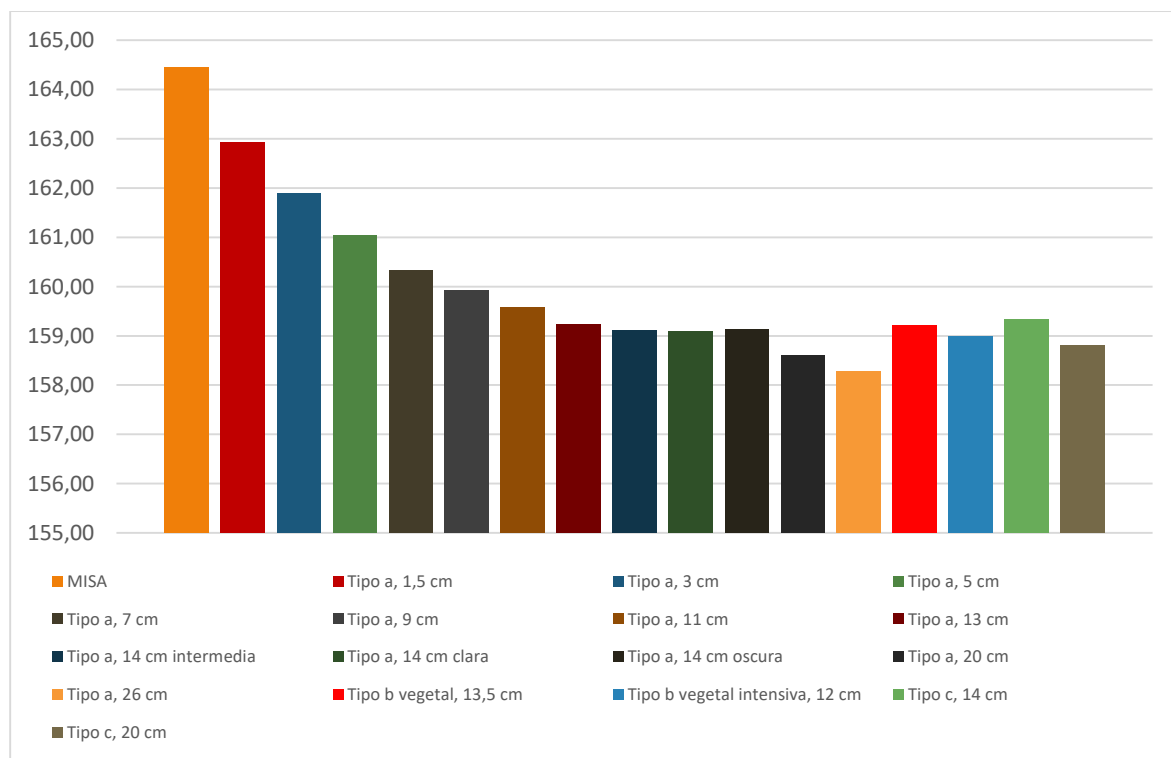
5.8.7. Simulaciones de Paramentos horizontales en contacto con el terreno – m06c0301

Gráfico 5.101. Simulaciones de paramentos horizontales en contacto con el terreno del modelo 06, demanda anual en kWh/m²·año



5.8.8. Simulaciones de Paramentos horizontales – Cubierta plana – m06c0302

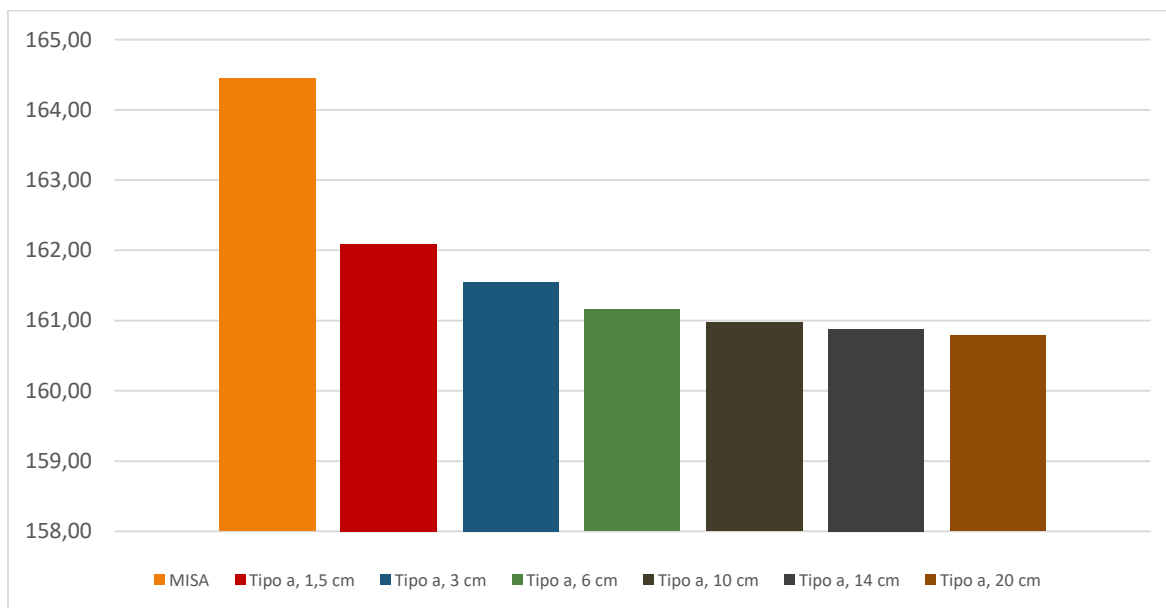
Gráfico 5.102. Simulaciones de cubierta plana del modelo 06, demanda anual en kWh/m²·año





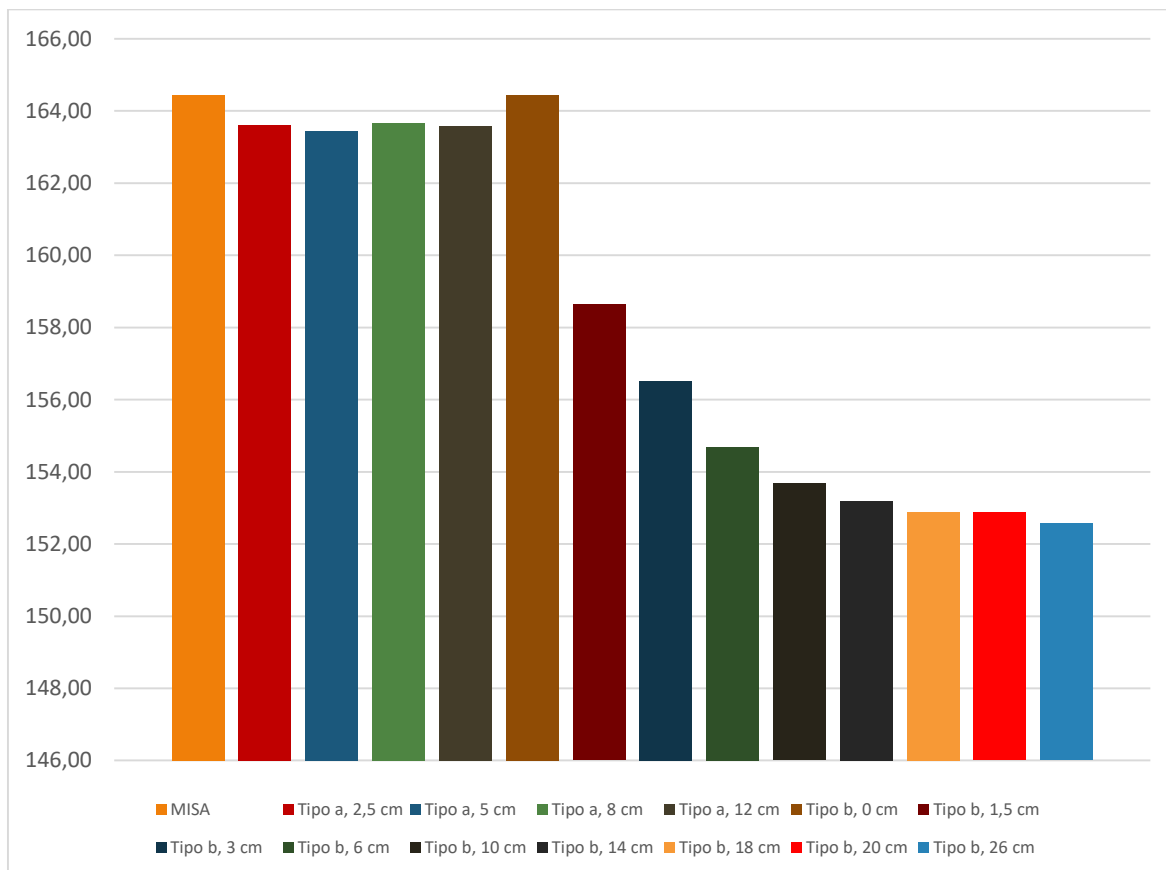
5.8.9. Simulaciones de Paramentos horizontales – Cubierta inclinada – m06c0303

Gráfico 5.103. Simulaciones de paramentos horizontales inclinados del modelo 06, demanda anual en kWh/m²-año



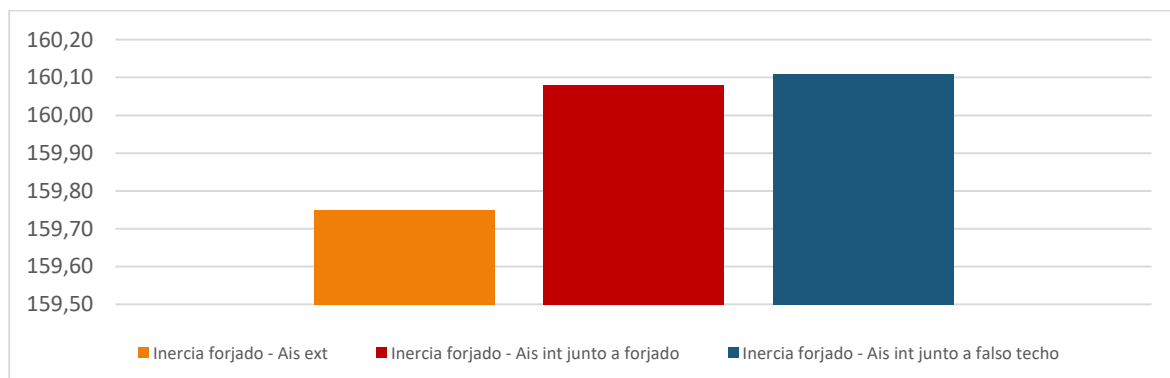
5.8.10. Simulaciones de Paramentos horizontales - Entreplantas – m06c0304

Gráfico 5.104. Simulaciones de paramentos horizontales / entreplantas del modelo 06, demanda anual en kWh/m²-año



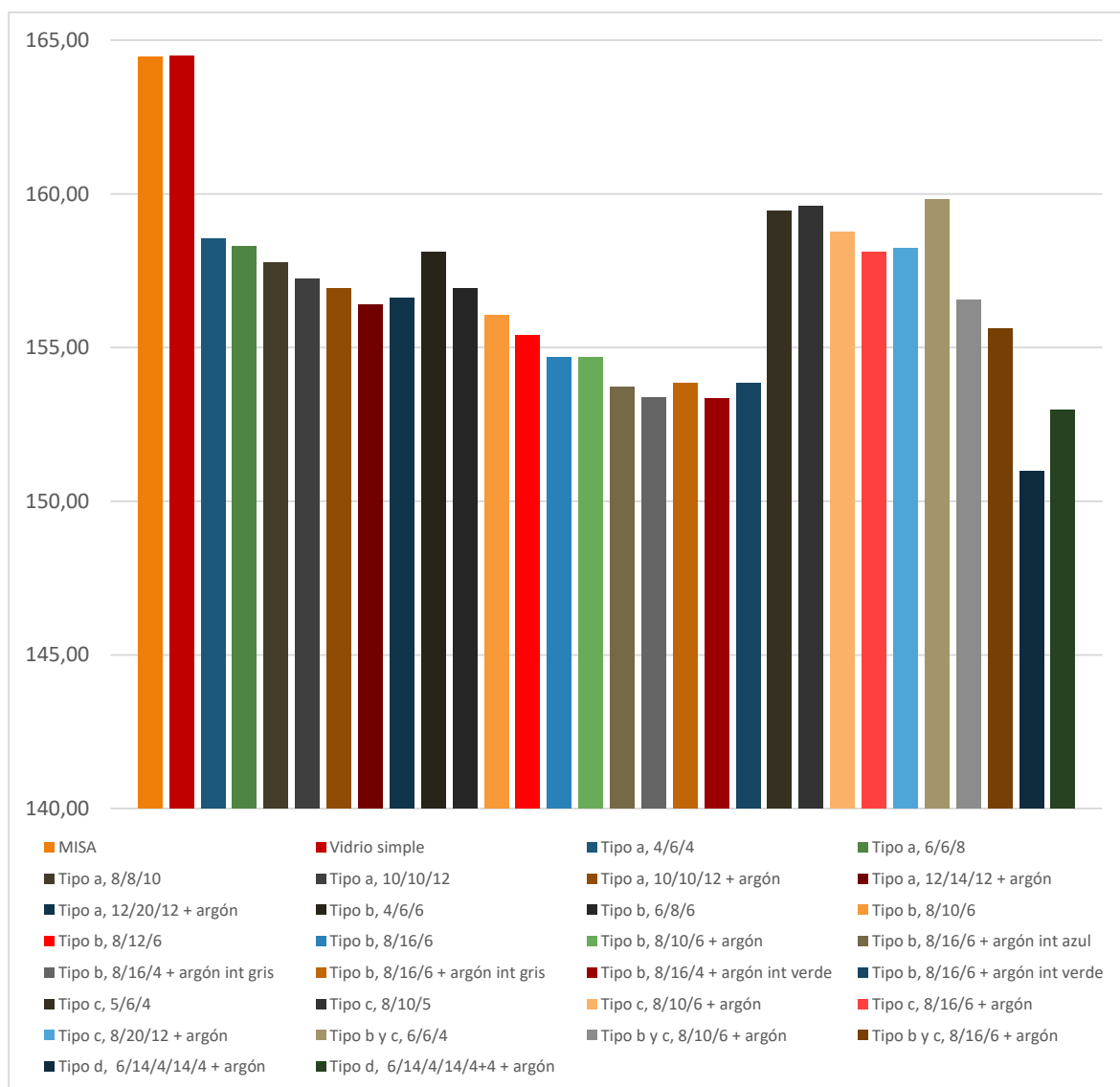
5.8.11. Simulaciones de Paramentos horizontales - Comprobación inercia – m06c0306

Gráfico 5.105. Simulaciones de paramentos horizontales / Inercia del modelo 06, demanda anual en kWh/m².año



5.8.12. Simulaciones de Huecos acristalados - Vidrios – m06c0401

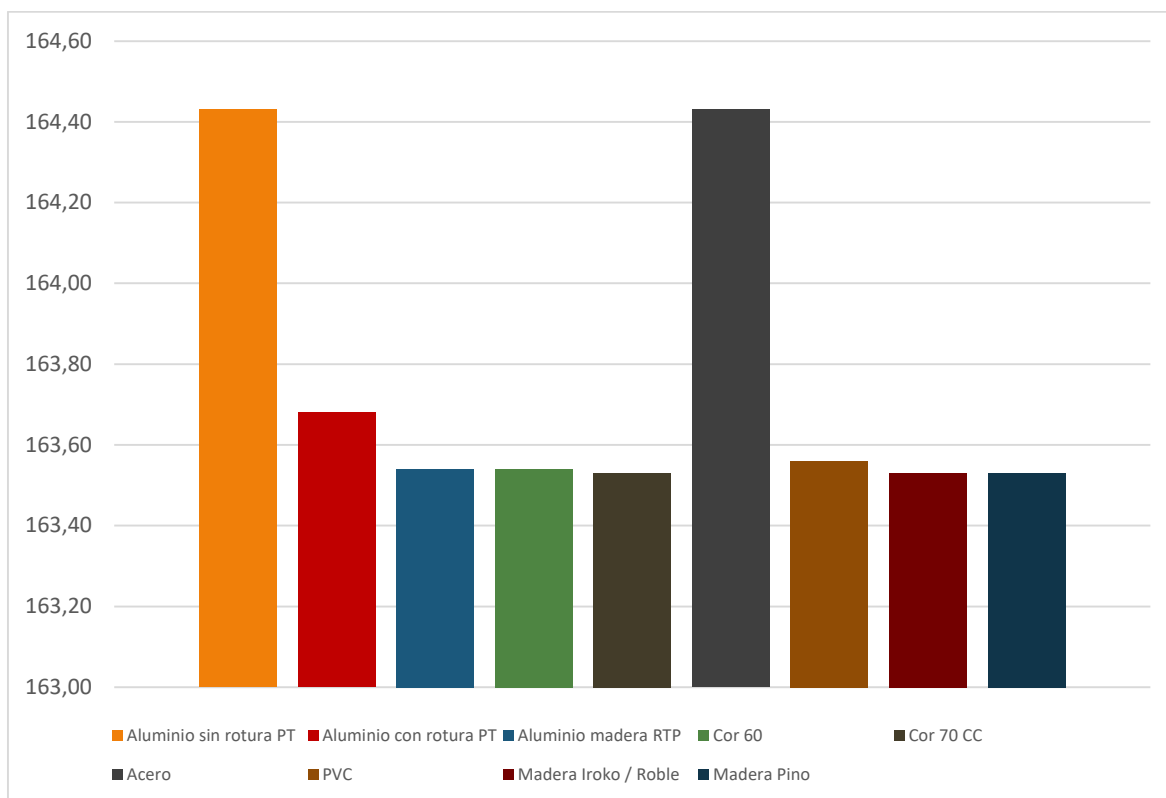
Gráfico 5.106. Simulaciones de ventanas del modelo 06, demanda anual en kWh/m².año





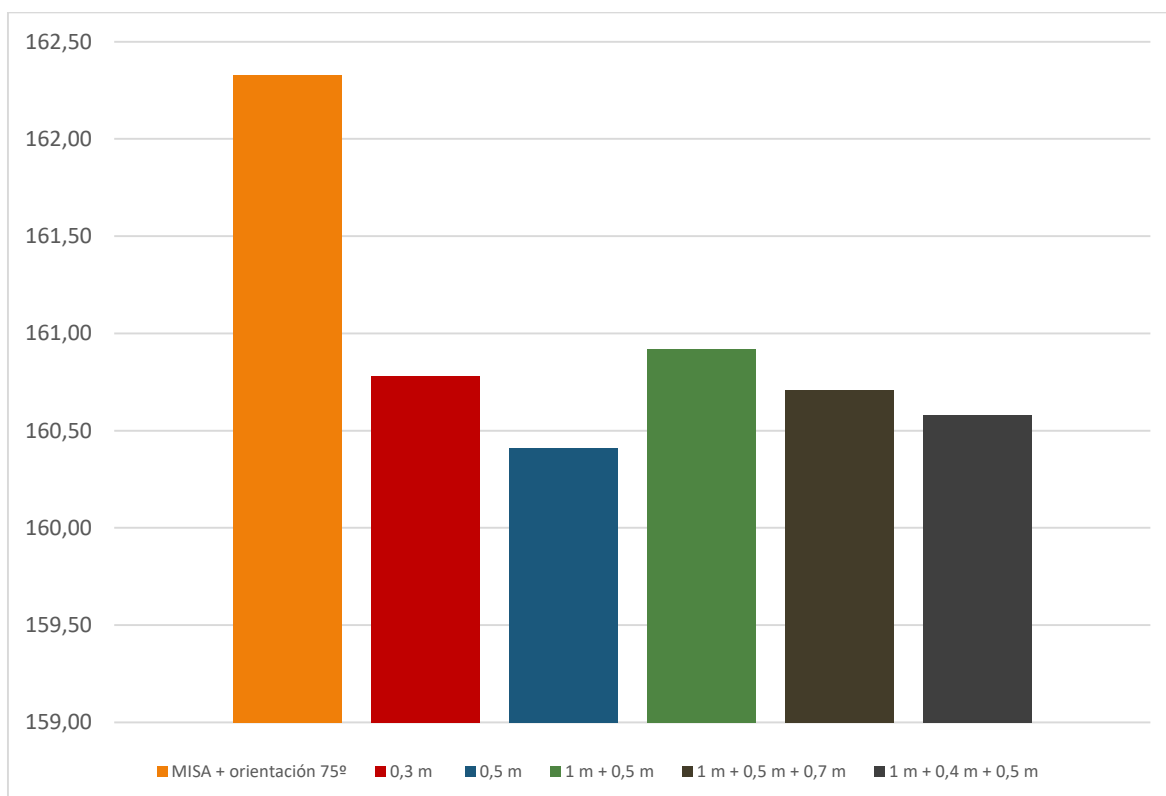
5.8.13. Simulaciones de Huecos acristalados - Marcos – m06c0401

Gráfico 5.107. Simulaciones de marcos / carpinterías del modelo 06, demanda anual en kWh/m².año



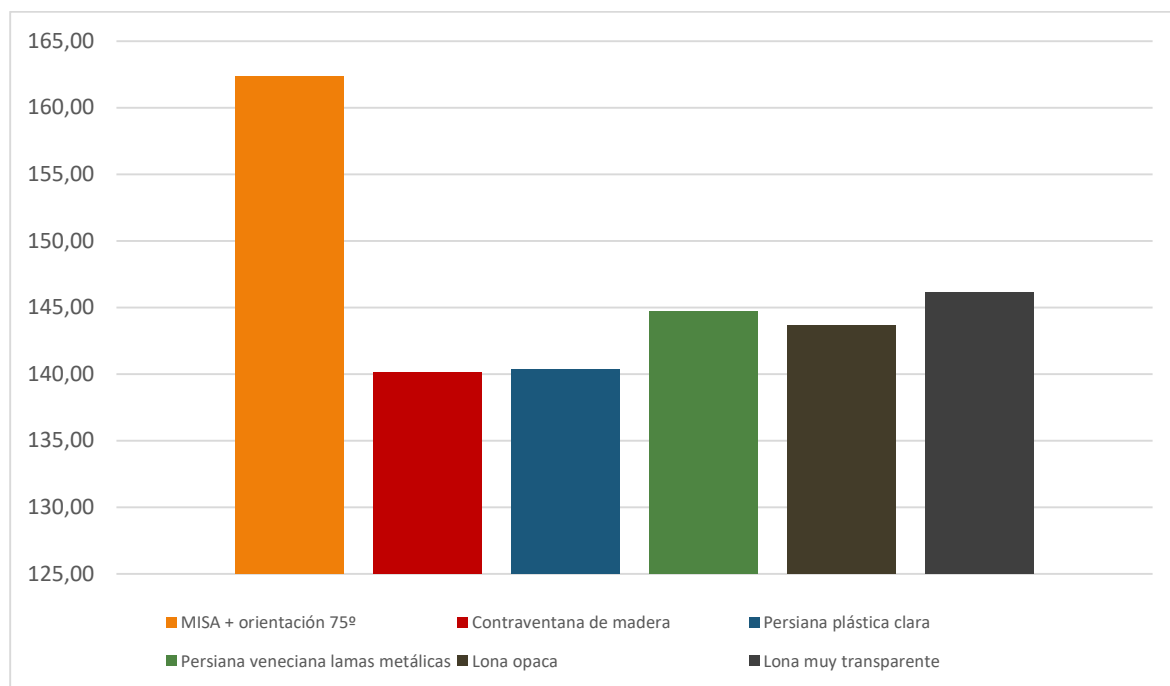
5.8.14. Simulaciones de Huecos acristalados - Sombreado – m06c0402

Gráfico 5.108. Simulaciones de sombreado huecos del modelo 06, demanda anual en kWh/m².año



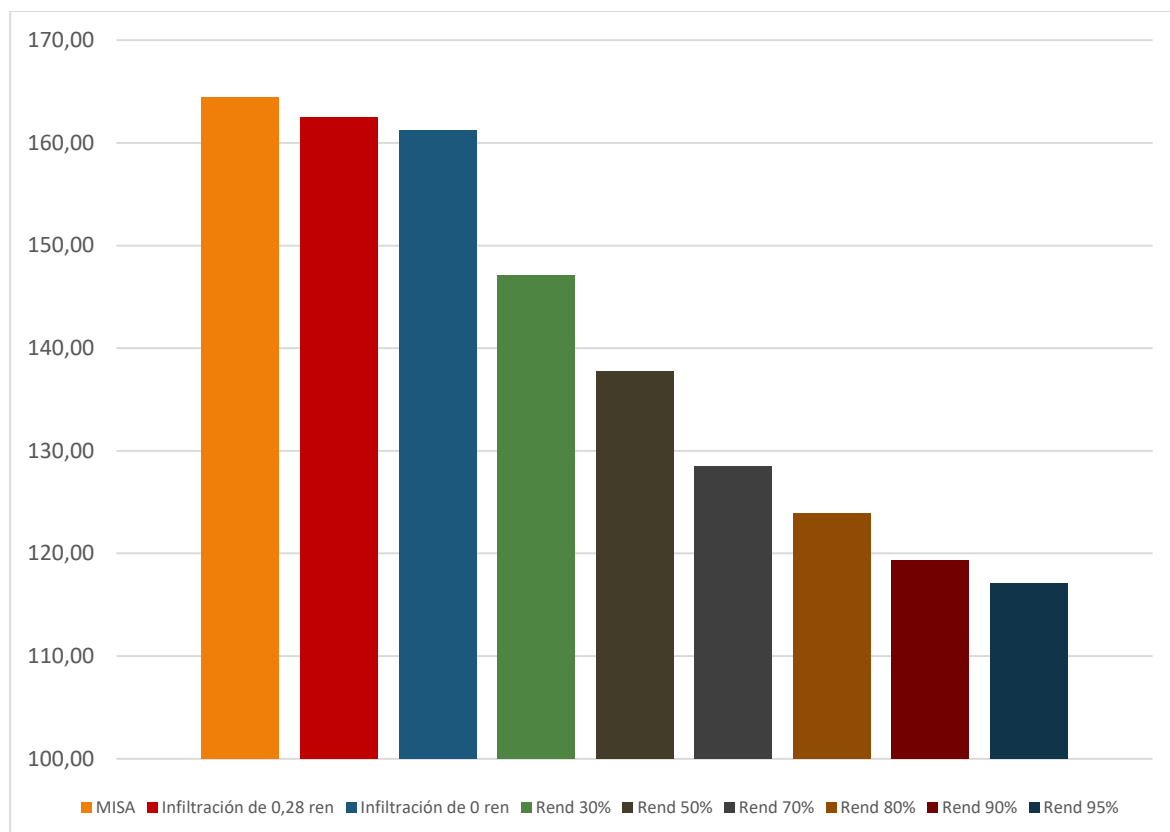
5.8.15. Simulaciones de Huecos acristalados - Protecciones – m06c0403

Gráfico 5.109. Simulaciones de protecciones huecos del modelo 06, demanda anual en kWh/m².año



5.8.16. Simulaciones de Rendimiento de las instalaciones de ventilación – m06c07

Gráfico 5.110. Simulaciones de rendimiento del recuperador de calor del modelo 06, demanda anual en kWh/m².año









6. Descripción de las simulaciones: Fase BETA



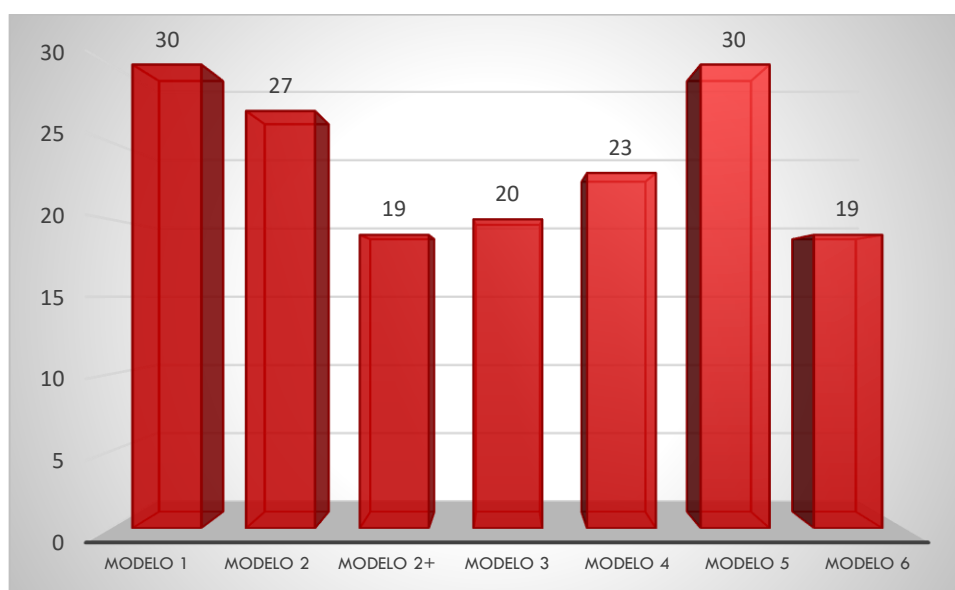


6.1. Descripción

En el presente capítulo se describen las simulaciones realizadas dentro de la fase BETA. A lo largo de ésta se procede, en primer lugar, a una combinación de las soluciones escogidas en cada categoría de la fase ALFA, siendo incorporadas en un proceso secuencial en el que, una vez incorporada una solución, se analiza su aporte a la reducción de la demanda del modelo para determinar si se emplea. Posteriormente han sido realizados análisis numéricos de los puentes térmicos y, una vez definida completamente la envolvente, se simulan otros aspectos como el free cooling y otras pequeñas correcciones para obtener el modelo pasivo final.

Se han desarrollado un total de 168 simulaciones repartidas en función de los modelos según lo indicado en el Gráfico 6.1.

Gráfico 6.1. Simulaciones de la fase BETA según modelo



Las categorías y subcategorías de simulación empleadas en la fase BETA se recogen a continuación.

- Soluciones combinadas de la fase alfa.
- Puentes térmicos.
- Free cooling.
- Correcciones / modelo pasivo final.

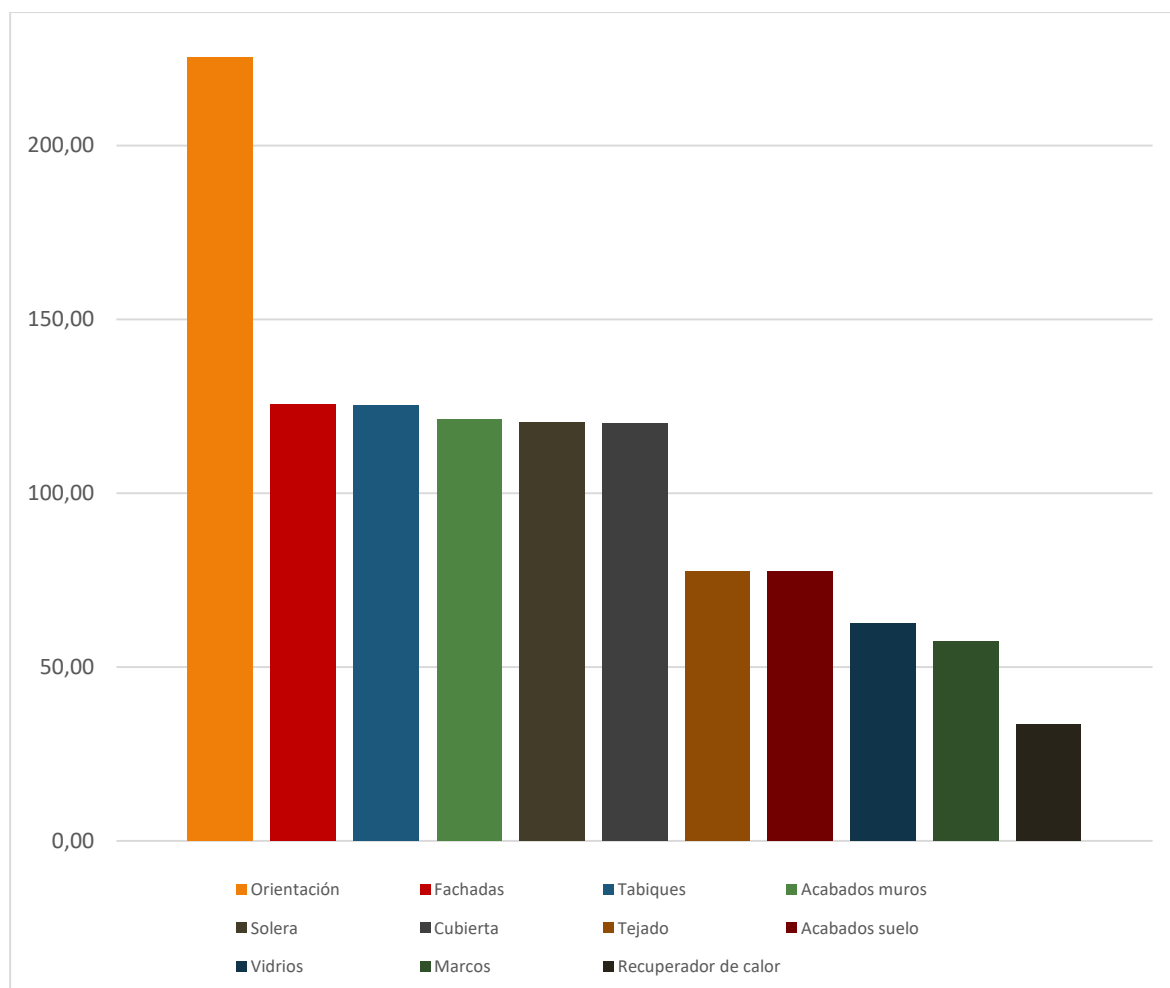
6.2. Modelo 01

Las simulaciones seleccionadas en la fase ALFA de la metodología para el modelo 01 han sido:

- Simulación de orientación ajustada a 266°.
- Fachada tipo c, sate con 20 cm de aislamiento y trasdosado de 5 cm de aislamiento (lana de roca si no se indica lo contrario).
- Tabiques de entramado autoportante con 4 cm de aislamiento.
- Acabados en los paramentos verticales de panel de corcho de 7 cm y alicatado de azulejos en los cuartos húmedos.
- Solera con 10 cm de aislamiento.
- Cubierta plana transitable no ventilada con 5 cm de aislamiento.
- Paramentos horizontales inclinados con 20 cm de aislamiento (XPS expandido con HFC).
- Acabados en los paramentos horizontales de solera seca con 1,8 cm de aislamiento.
- Triple acristalamiento con cámara de aire de gas argón.
- Marcos de PVC.
- Sombreados en los huecos de 0,4 m de longitud y 0,15 de separación.
- Rendimiento de instalaciones de ventilación 90%.

Se muestra el descenso de demanda obtenido en una primera aplicación de la fase:

Gráfico 6.2. Simulaciones combinatorias de la fase beta del modelo 01, demanda anual en kWh/m²-año

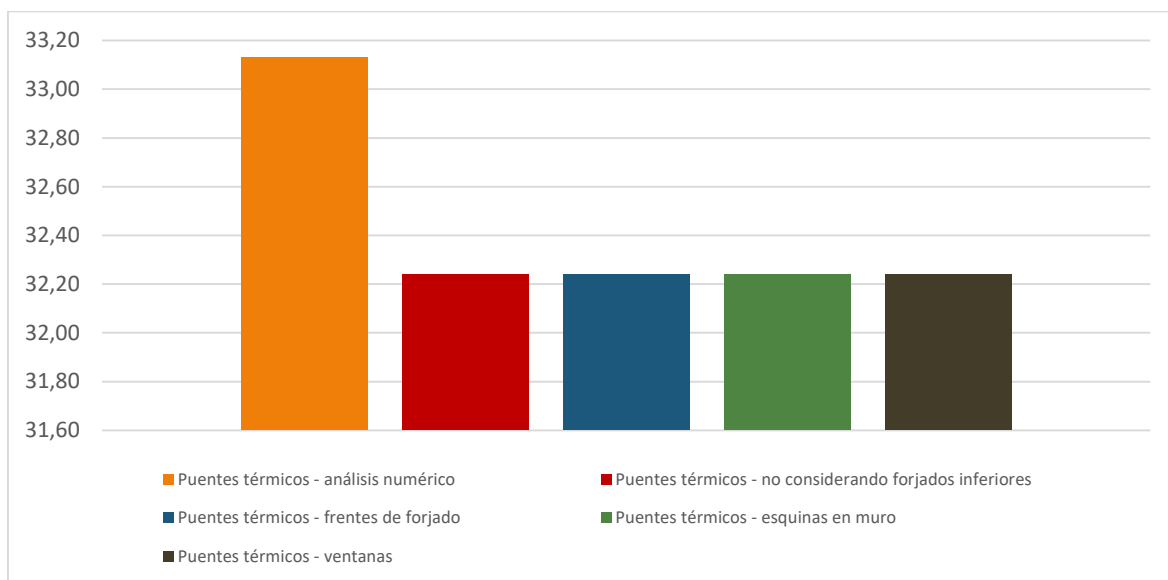




Una vez incorporadas al modelo las soluciones elegidas se tiene un edificio pasivo al que se le realizan algunas correcciones.

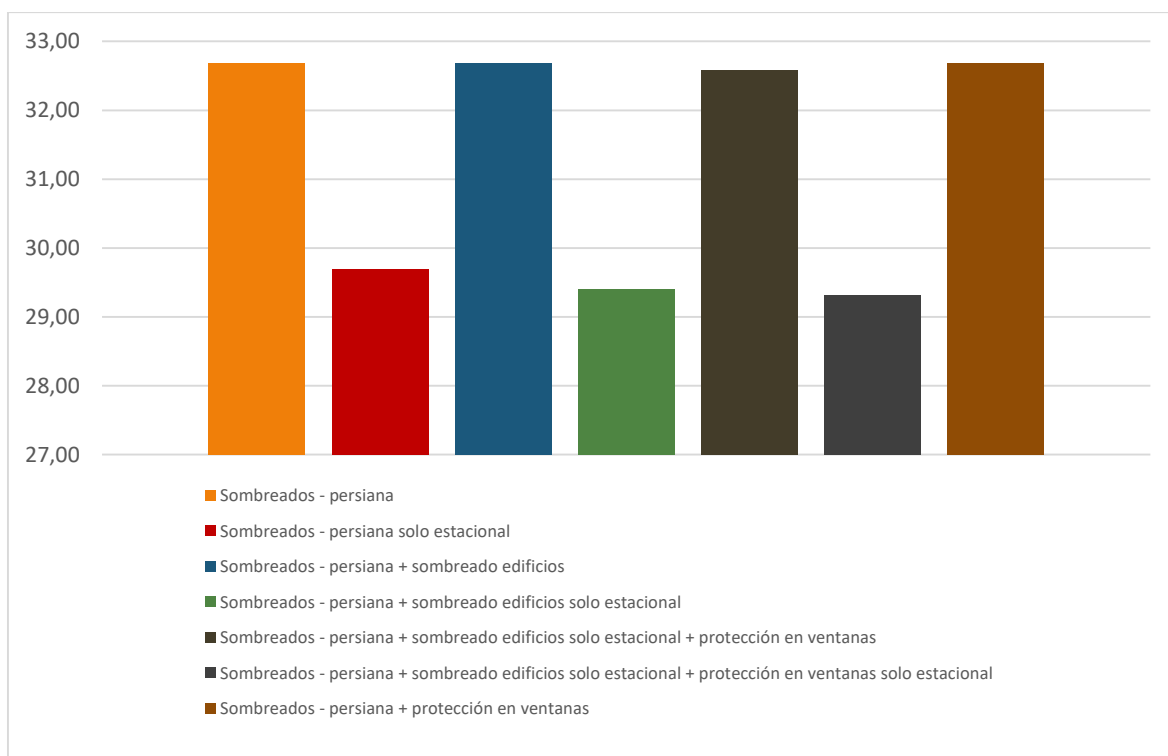
Al contar con una envolvente térmica definitiva se puede realizar un análisis numérico de los puentes térmicos, corrigiéndose manualmente los elementos no detectados correctamente.

Gráfico 6.3. Simulaciones de los puentes térmicos del modelo 01, demanda anual en kWh/m²-año



Se realizan nuevas simulaciones para evaluar los sombreados y las protecciones.

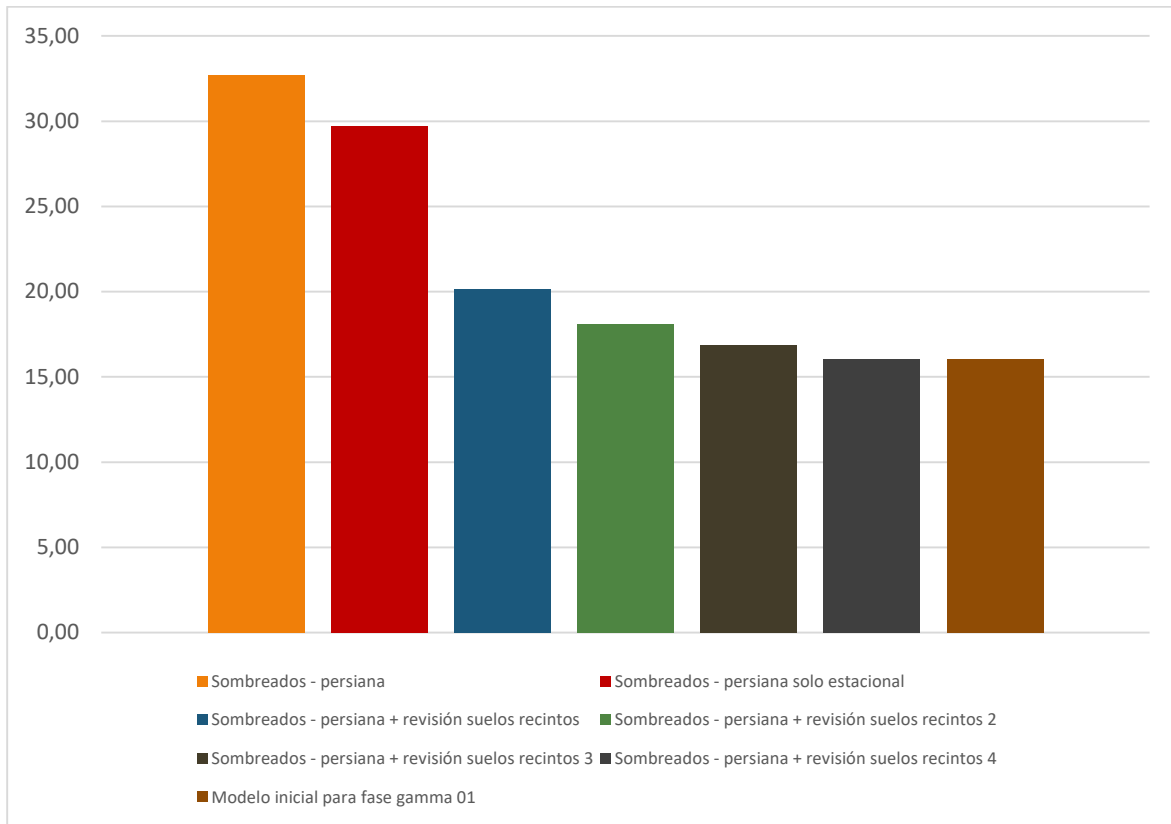
Gráfico 6.4. Simulaciones de ajuste de sombreados estacionales del modelo 01, demanda anual en kWh/m²-año





Se realizan nuevas simulaciones revisando la incorporación de protecciones y los suelos en determinados recintos.

Gráfico 6.5. Simulaciones finales del modelo pasivo 01, demanda anual en kWh/m²-año





6.2.1. Descripción de los resultados del modelo 01 pasivo

Finalmente se obtiene el modelo 01 final pasivo. En las tablas y figuras de esta sección pueden observarse los resultados de los diferentes aportes y flujos térmicos del edificio, mensuales y anuales, así como la demanda final de verano e invierno del modelo.

Tabla 6.1. Resultados del modelo 01 pasivo

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año	
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/año)	(kWh/(m ² ·a))
$Q_{tr,op}$	49,8	64,4	76,8	69,2	103,9	153,8	198,8	177	111,2	64,1	48,4	50,9	-2347,6	-28,6
	-391	-341	-373,9	-359,9	-304,1	-172	-152,5	-161,8	-183,7	-350,6	-345,4	-380,1		
$Q_{tr,w}$	0	0	0	0	1,1	15,6	27,3	24,8	12,2	0	0	0	-812,7	-9,9
	-120,5	-100,5	-105,4	-95,9	-82	-24,5	-15,8	-15,9	-25,9	-94,9	-97,5	-114,9		
$Q_{tr,ac}$	87,9	74,5	77,3	67,5	62,9	13	11,8	10,8	13,9	66,9	68,7	83,3		
	-87,9	-74,5	-77,3	-67,5	-62,9	-13	-11,8	-10,8	-13,9	-66,9	-68,7	-83,3		
Q_{ve}	22,6	29,2	34,8	31,4	46,2	60,5	82,4	70,2	45	29	22	23,1	-1593,8	-19,4
	-109,8	-97,7	-109,3	-108,7	-94,8	-364,9	-275,6	-279,8	-338,8	-103,6	-99,7	-107,3		
$Q_{int,s}$	292	265,1	293,8	284,8	292	284,8	293,8	292	286,6	292	283	295,5	3449,7	42,1
	-0,5	-0,4	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5		
Q_{sol}	109,8	117,1	148,5	133,5	135,1	148,1	166,4	187,3	190,5	150,8	118,9	99,3	1699,8	20,7
	-0,4	-0,4	-0,5	-0,4	-0,4	-0,5	-0,5	-0,6	-0,6	-0,5	-0,4	-0,3		
Q_{edif}	-9,9	-27,7	-15,2	42,8	-103,2	-0,4	-40,7	9,2	73,4	14,2	54,9	2,5		
Q_H	157,9	91,8	51	3,7	6,8	0	0	0	0	0	16,2	131,6	459	5,6
Q_C	0	0	0	0	0	-100,2	-283	-301,9	-169,4	0	0	0	-854,5	-10,4
Q_{HC}	157,9	91,8	51	3,7	6,8	100,2	283	301,9	169,4	0	16,2	131,6	1313,5	16

$Q_{tr,op}$: Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica a través de elementos pesados en contacto con el exterior, kWh/(m²·año).

$Q_{tr,w}$: Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica a través de elementos ligeros en contacto con el exterior, kWh/(m²·año).

$Q_{tr,ac}$: Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica debida al acoplamiento térmico entre zonas, kWh/(m²·año).

Q_{ve} : Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica por ventilación, kWh/(m²·año).

$Q_{int,s}$: Transferencia de calor correspondiente a la ganancia de calor interna sensible, kWh/(m²·año).

Q_{sol} : Transferencia de calor correspondiente a la ganancia de calor solar, kWh/(m²·año).

Q_{edif} : Transferencia de calor correspondiente al almacenamiento o cesión de calor por parte de la masa térmica del edificio, kWh/(m²·año).

Q_H : Energía aportada de calefacción, kWh/(m²·año).

Q_C : Energía aportada de refrigeración, kWh/(m²·año).

Q_{HC} : Energía aportada de calefacción y refrigeración, kWh/(m²·año).

Gráfico 6.6. Demanda energética anual por elemento del modelo 01, demanda anual en kWh/m²-año

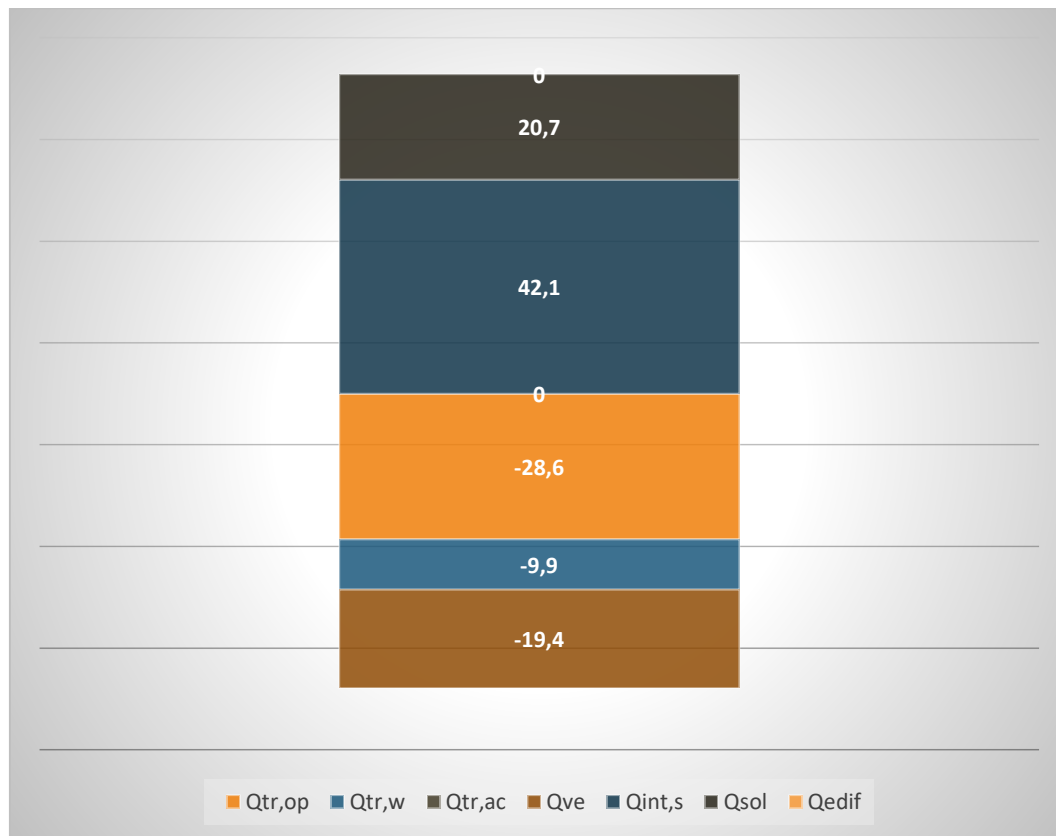


Gráfico 6.7. Demanda energética anual del modelo 01, demanda anual en kWh/m²-año

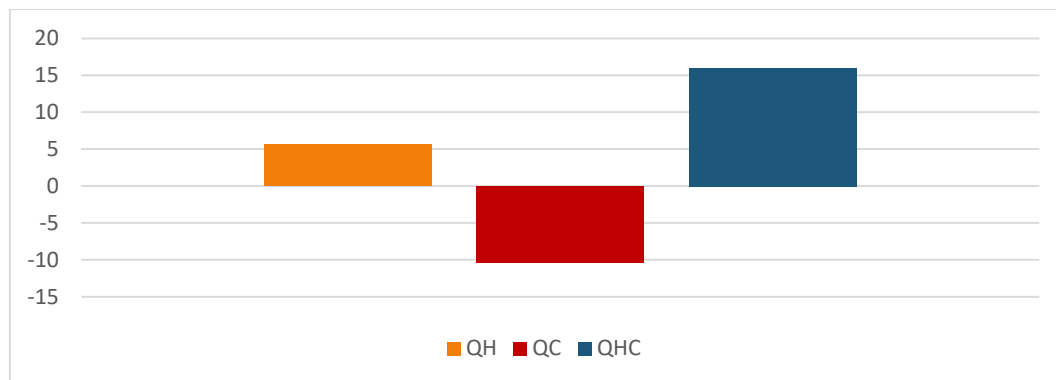


Gráfico 6.8. Demanda energética del modelo 01

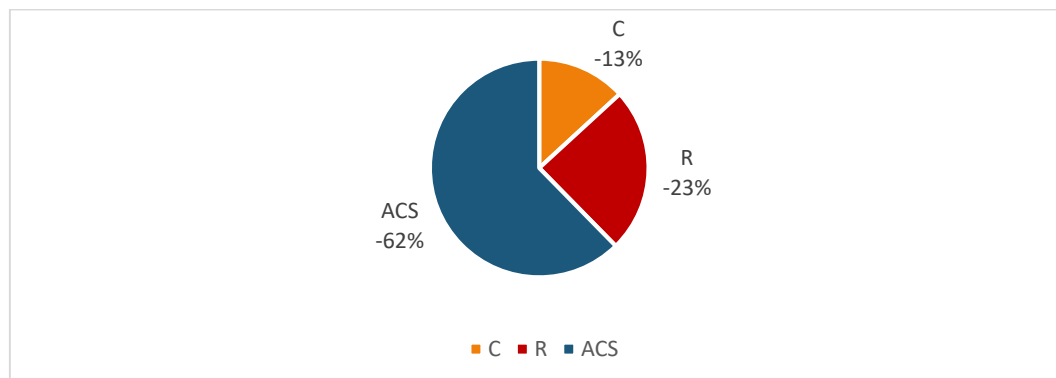
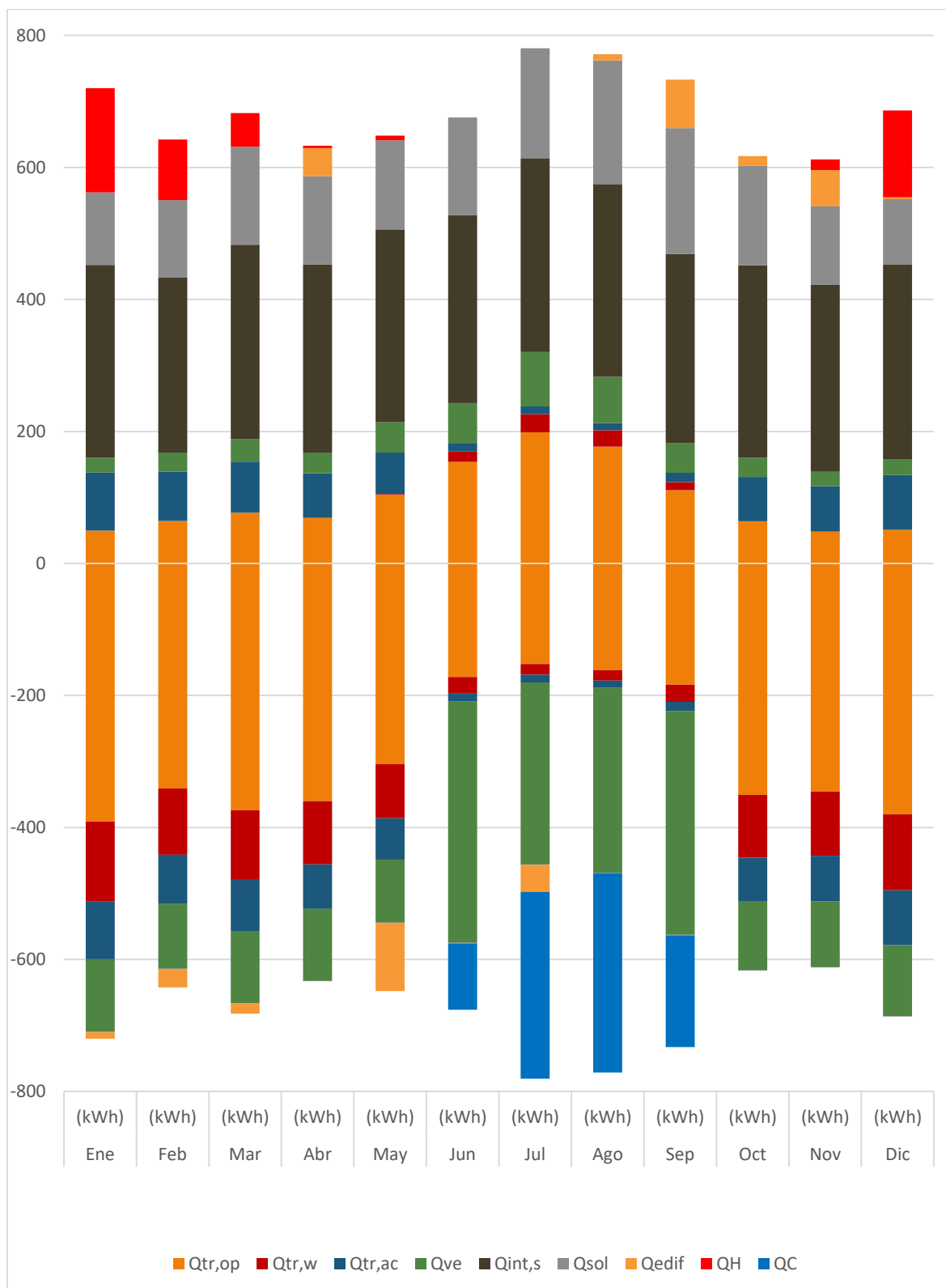




Gráfico 6.9. Demanda energética mensual del modelo 01 en kWh



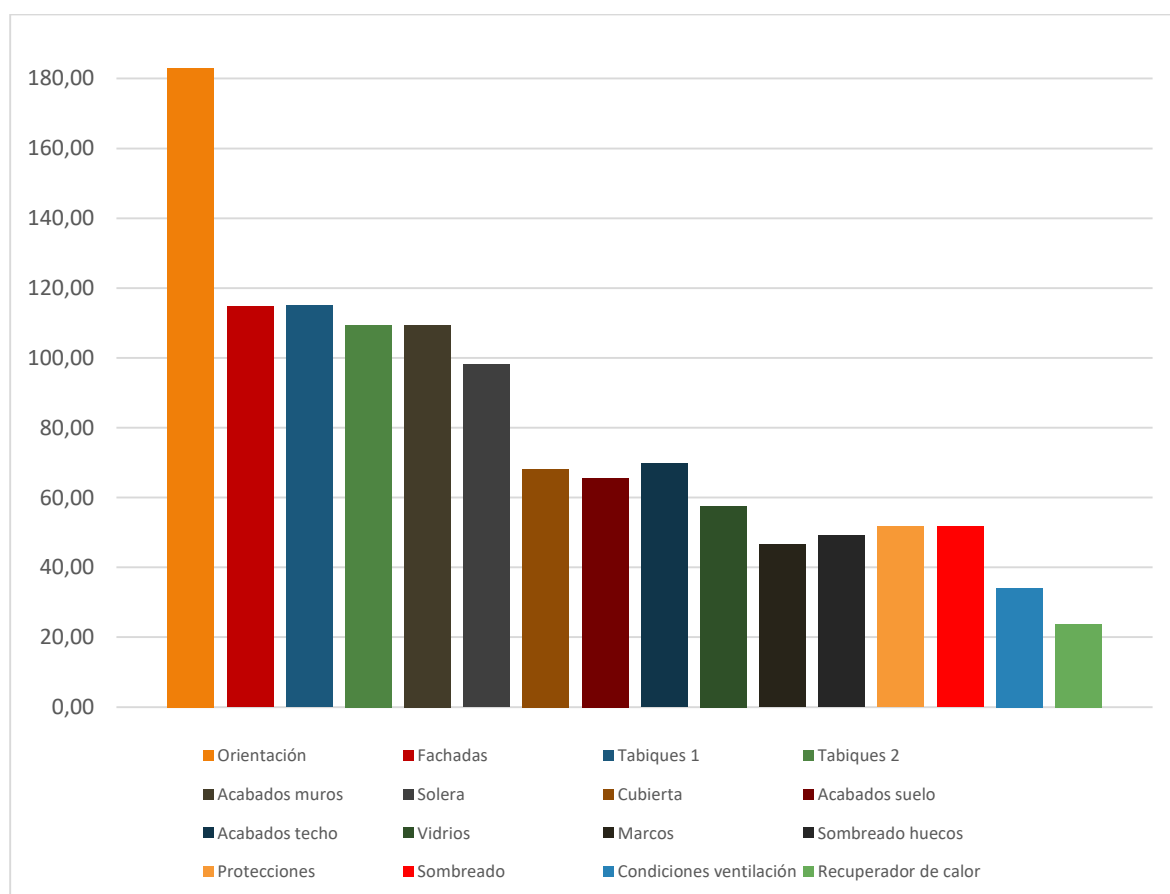
6.3. Modelo 02

Las simulaciones seleccionadas en la fase ALFA de la metodología para el modelo 02 han sido:

- Simulación de orientación ajustada a 84°.
- Fachada tipo c, sate con 20 cm de aislamiento (lana de roca si no se indica lo contrario).
- Tabiques de entramado autoportante tipo a de 4 cm de aislamiento y tipo a de 6 cm de aislamiento, para los que se encuentran en contacto con los espacios no habitables.
- Acabados en los paramentos verticales de panel de corcho de 7 cm y alicatado de azulejos en los cuartos húmedos.
- Solera con 10 cm de aislamiento.
- Cubierta plana transitable no ventilada con 20 cm de aislamiento.
- Acabados en los paramentos horizontales de suelo flotante con 10 cm de aislamiento.
- Triple acristalamiento con cámaras de gas argón.
- Marcos Cor 70 CC.
- Sombreados en los huecos de 1,25 m.
- Persiana plástica clara.
- Sombreados. Orientación oeste a 10 m.
- Condiciones de recintos con 0,3 ren/h según Passivhaus.
- Rendimiento de instalaciones de ventilación 90%.

Se muestra el descenso de demanda obtenido en una primera aplicación de la fase:

Gráfico 6.10. Simulaciones combinatorias de la fase beta del modelo 02, demanda anual en kWh/m²-año

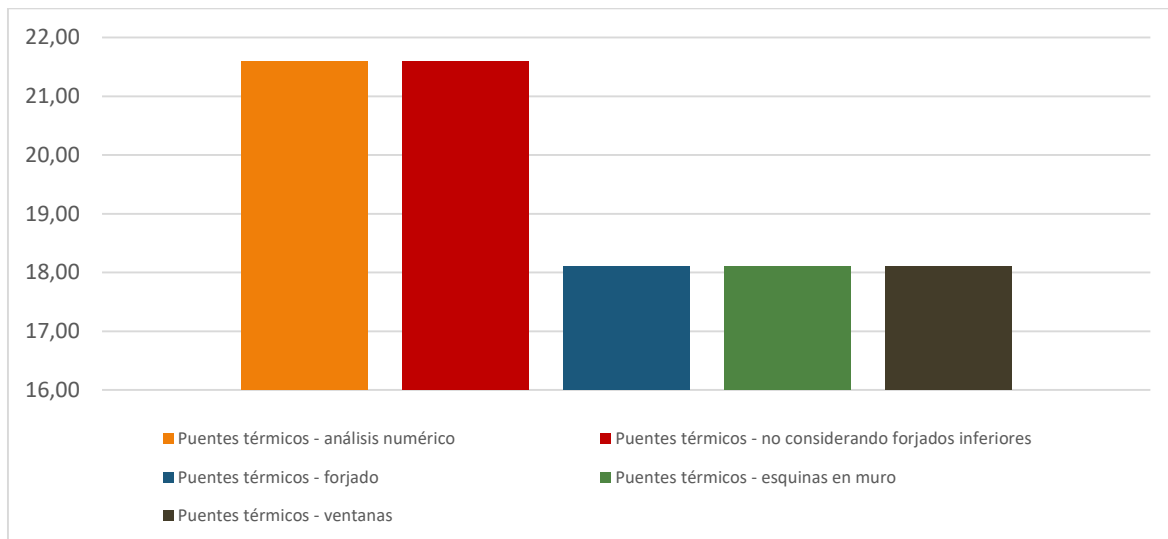




Una vez incorporadas al modelo las soluciones elegidas se tiene un edificio pasivo al que se le realizan correcciones.

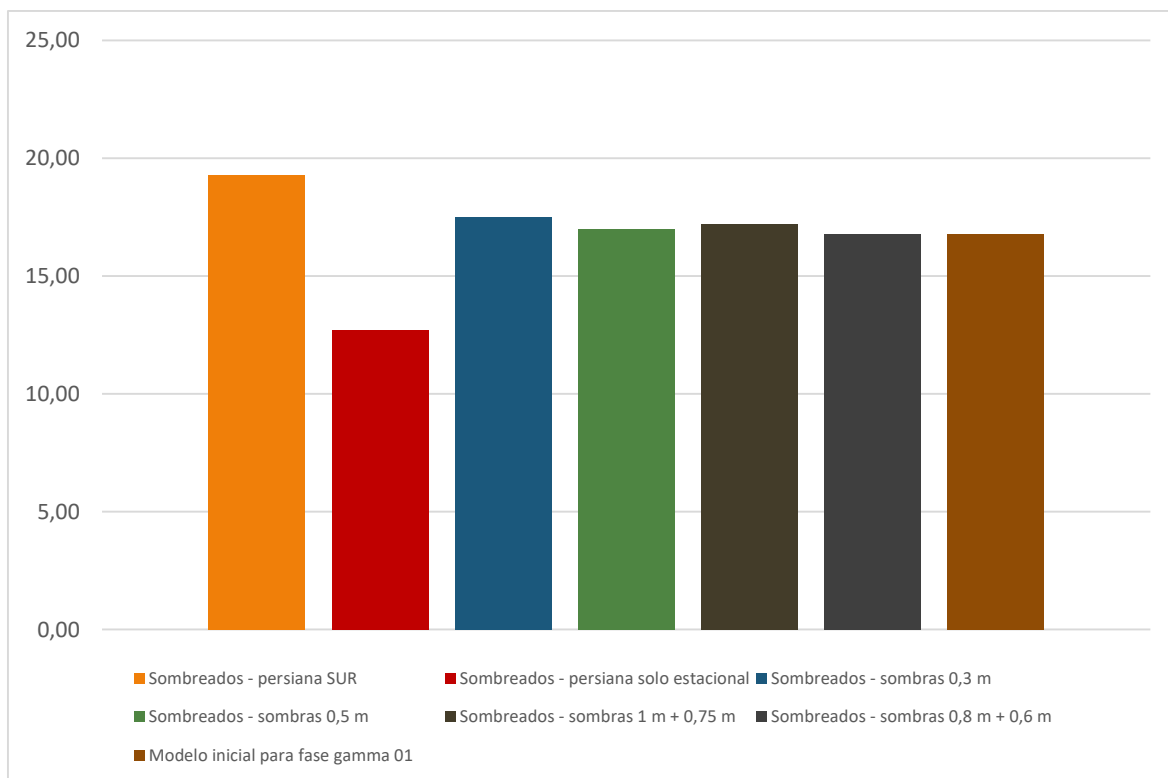
Al contar con una envolvente térmica definitiva se puede realizar un análisis numérico de los puentes térmicos, corrigiéndose manualmente los elementos no detectados correctamente.

Gráfico 6.11. Simulaciones de los puentes térmicos del modelo 02, demanda anual en kWh/m²-año



Se realizan nuevas simulaciones para evaluar los sombreados.

Gráfico 6.12. Simulaciones de ajuste de sombreados estacionales del modelo 02, demanda anual en kWh/m²-año



6.3.1. Descripción de los resultados del modelo 02 pasivo

Finalmente se obtiene el modelo 02 final pasivo. En las tablas y figuras de esta sección pueden observarse los resultados de los diferentes aportes y flujos térmicos del edificio, mensuales y anuales, así como la demanda final de verano e invierno del modelo.

Tabla 6.2. Resultados del modelo 02 pasivo

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año	
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/año)	(kWh/(m ² ·a))
$Q_{tr,op}$	3,4	5,9	7,5	7,6	18,5	113,8	187,4	171,2	88,9	6,6	4,2	4,2	-5352,7	-36,6
	-790	-663,5	-690,5	-616,2	-540,9	-194,3	-133,9	-134,8	-198,6	-618,5	-637,6	-753,2		
$Q_{tr,w}$	5,5	10,4	12,6	12,8	20,1	44	61,7	55,3	30,8	10,8	7,1	7,3	-1312,1	-9
	-182,9	-160,5	-172,4	-158,4	-140,5	-73,1	-63,9	-66,7	-79,1	-159,1	-156,9	-177		
$Q_{tr,ac}$	113,2	93,3	94,3	82,9	74,7	17,1	23,9	22,8	18	82	85,9	107,2		
	-113,2	-93,3	-94,3	-82,9	-74,7	-17,1	-23,9	-22,8	-18	-82	-85,9	-107,2		
Q_{ve}	9,5	18	21,7	22,2	32,9	53,3	76,9	62,7	36,1	18,7	12,4	12,7	-2690,8	-18,4
	-116	-111	-125,3	-119,5	-115,5	-624,4	-469,5	-471,2	-567,6	-120,1	-111,9	-115,9		
$Q_{int,s}$	520,7	472,7	523,8	507,8	520,7	507,8	523,8	520,7	511	520,7	504,7	527	6155,1	42,1
	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5		
Q_{sol}	251,5	272,8	332,4	282,6	307,2	345,1	374,4	384,8	387,4	351,4	273,6	226,4	3758,3	25,7
	-2,1	-2,2	-2,7	-2,3	-2,4	-2,7	-3	-3,3	-3,4	-2,9	-2,3	-1,9		
Q_{edif}	-13,3	-25	-10,7	42,5	-118,5	21	-33,3	5,4	74,4	-7,2	60,7	3,9		
Q_H	314,3	182,9	104,3	21,3	18,8	0	0	0	0	0	46,5	267	955	6,5
Q_C	0	0	0	0	0	-190	-520,2	-523,4	-279,1	0	0	0	-1512,7	-10,3
Q_{HC}	314,3	182,9	104,3	21,3	18,8	190	520,2	523,4	279,1	0	46,5	267	2467,7	16,9

$Q_{tr,op}$: Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica a través de elementos pesados en contacto con el exterior, kWh/(m²·año),

$Q_{tr,w}$: Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica a través de elementos ligeros en contacto con el exterior, kWh/(m²·año),

$Q_{tr,ac}$: Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica debida al acoplamiento térmico entre zonas, kWh/(m²·año),

Q_{ve} : Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica por ventilación, kWh/(m²·año),

$Q_{int,s}$: Transferencia de calor correspondiente a la ganancia de calor interna sensible, kWh/(m²·año),

Q_{sol} : Transferencia de calor correspondiente a la ganancia de calor solar, kWh/(m²·año),

Q_{edif} : Transferencia de calor correspondiente al almacenamiento o cesión de calor por parte de la masa térmica del edificio, kWh/(m²·año),

Q_H : Energía aportada de calefacción, kWh/(m²·año),

Q_C : Energía aportada de refrigeración, kWh/(m²·año),

Q_{HC} : Energía aportada de calefacción y refrigeración, kWh/(m²·año),



Gráfico 6.13. Demanda energética anual por elemento del modelo 02, demanda anual en kWh/m²-año

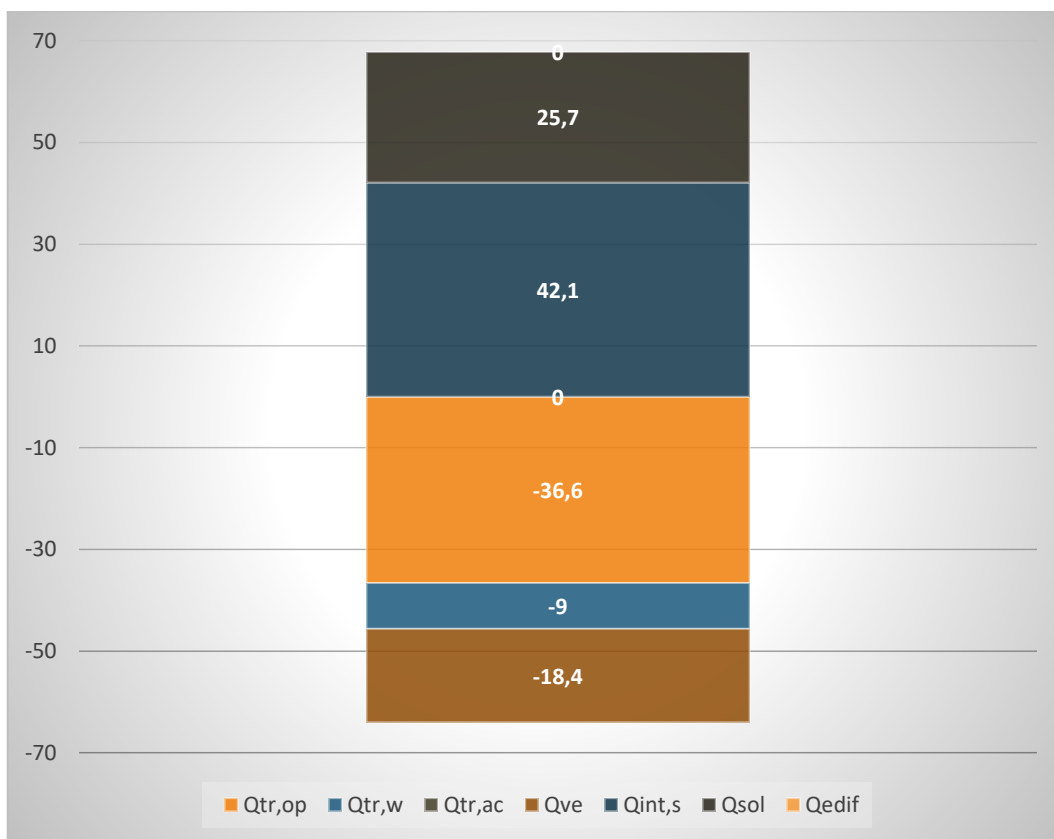


Gráfico 6.14. Demanda energética anual del modelo 02, demanda anual en kWh/m²-año

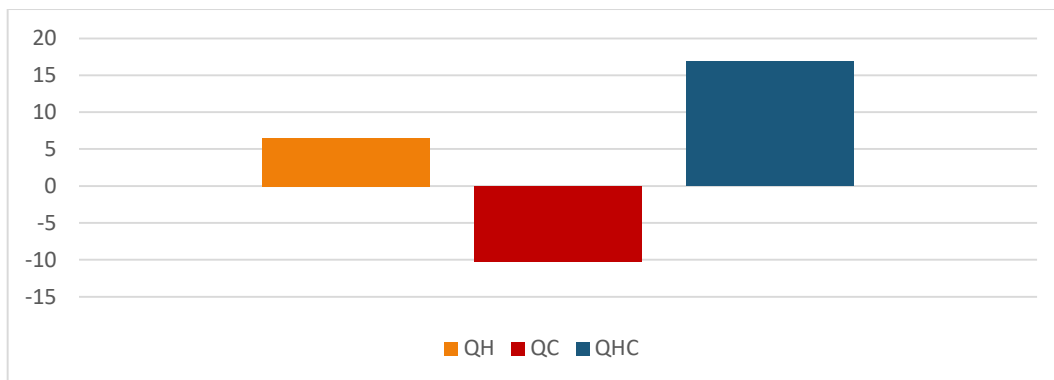
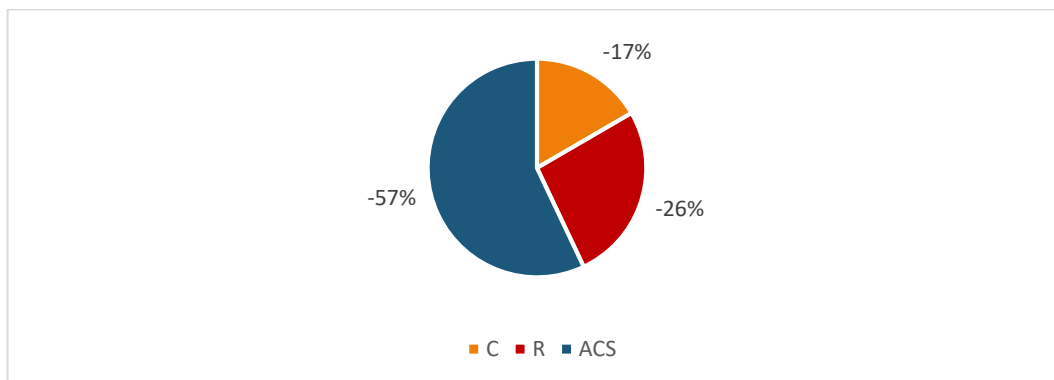


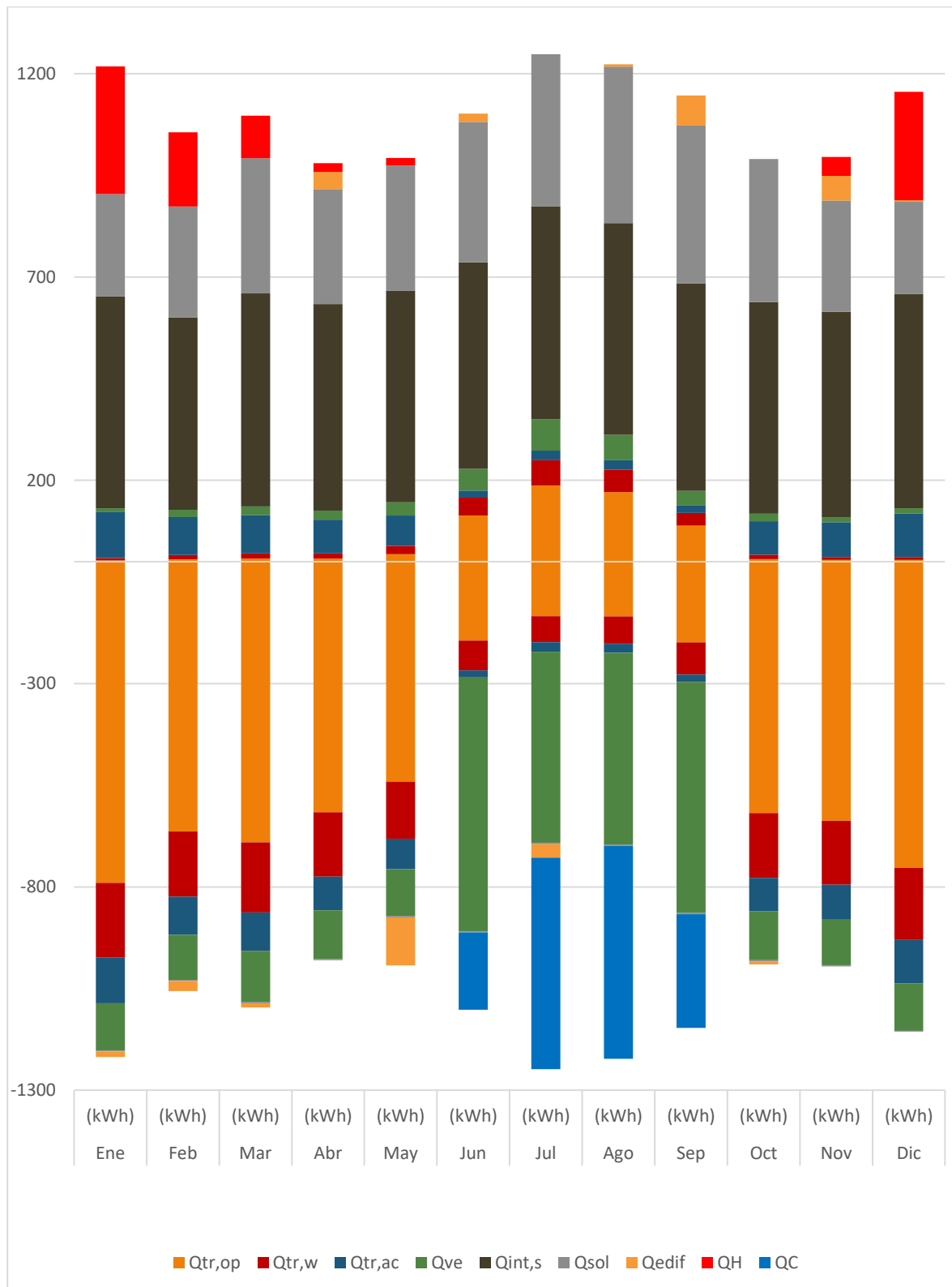
Gráfico 6.15. Demanda energética del modelo 02





METODOLOGÍA DE DISEÑO Y ANÁLISIS DE SOLUCIONES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA CONSECUCCIÓN DE EDIFICIOS DE CONSUMO CASI NULO (NZEB)

Gráfico 6.16. Demanda energética mensual del modelo 02 en kWh





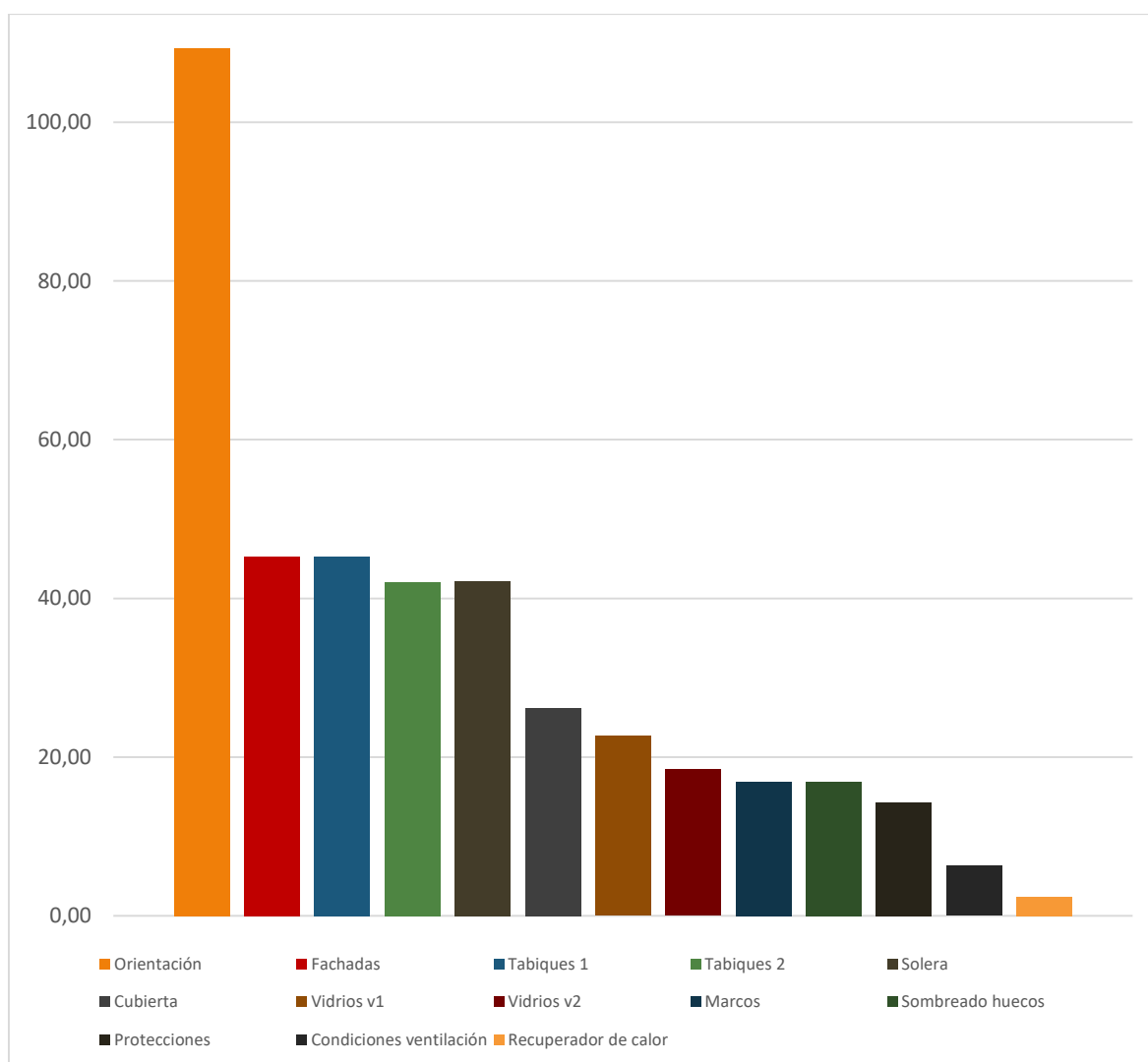
6.4. Modelo 02+

Las simulaciones seleccionadas en la fase ALFA de la metodología para el modelo 02+ han sido:

- Simulación de orientación ajustada a 0°.
- Fachada tipo c, sate con 20 cm de aislamiento (lana de roca si no se indica lo contrario).
- Tabiques MISA y MISA + 8 cm de aislamiento.
- Paramentos horizontales contacto terreno, solera MISA.
- Cubierta plana no transitada no ventilada con 14 cm de aislamiento, color intermedio.
- Triple acristalamiento con cámara de aire de gas argón.
- Marcos de PVC.
- Sin sombreados en huecos.
- Persiana plástica clara.
- Ventilación de 0,3 Ren/h.
- Rendimiento de instalaciones de ventilación 95%.

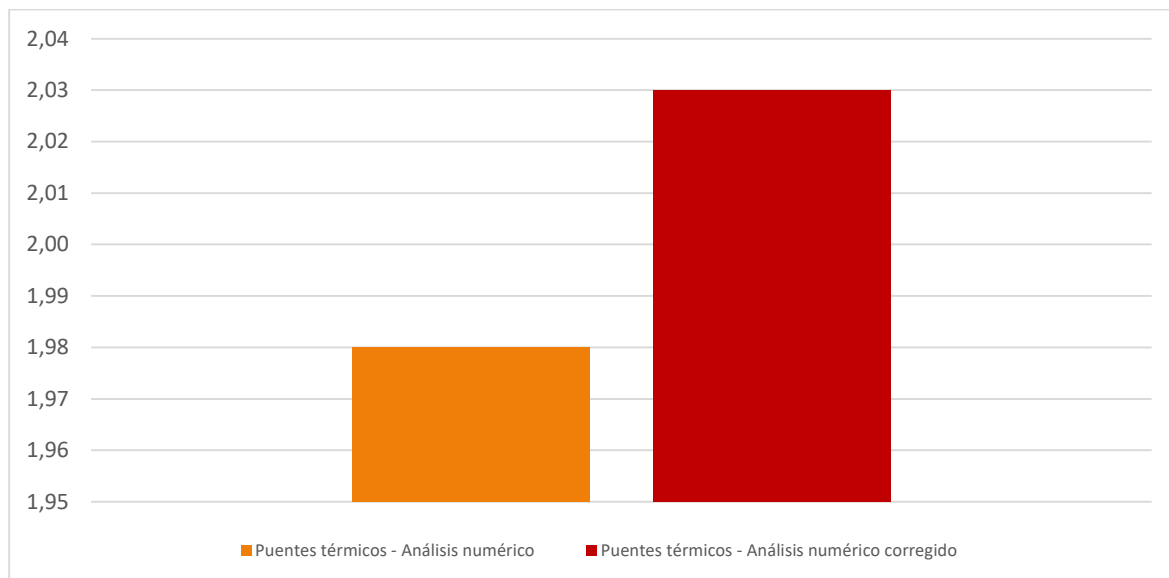
Puede observarse el descenso de demanda obtenido en una primera aplicación de la fase:

Gráfico 6.17. Simulaciones combinatorias de la fase beta del modelo 02+, demanda anual en kWh/m²·año



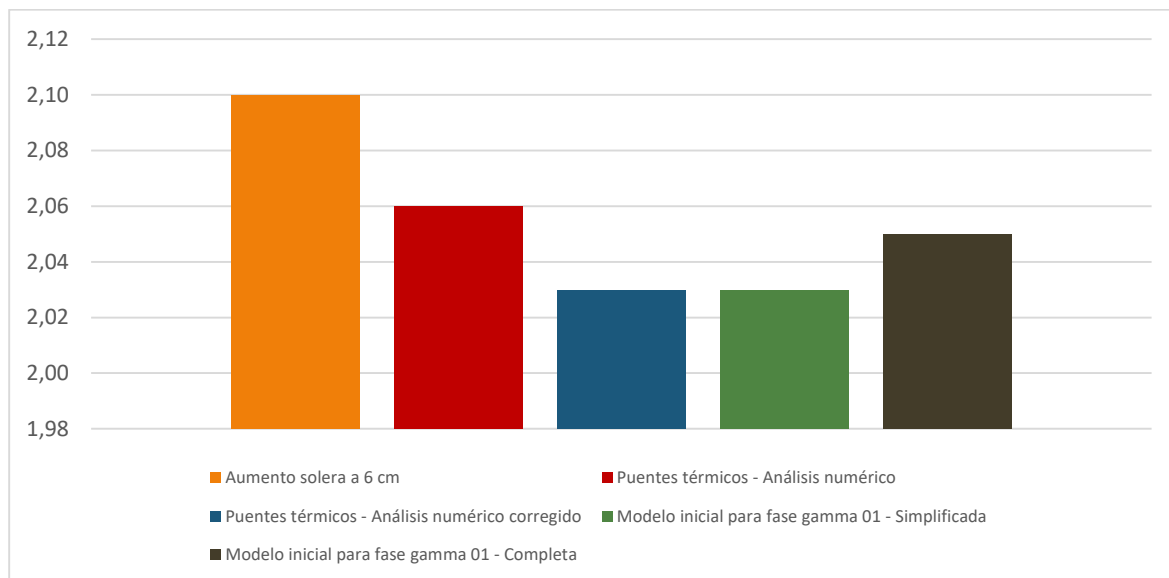
Una vez incorporadas al modelo las soluciones elegidas se tiene un edificio pasivo al que se le realizan correcciones. Al contar con una envolvente térmica definitiva se puede realizar un análisis numérico de los puentes térmicos, corrigiéndose manualmente los elementos no detectados correctamente.

Gráfico 6.18. Simulaciones de los puentes térmicos del modelo 02+, demanda anual en kWh/m²-año



Por último, se realizan nuevas simulaciones de ajuste.

Gráfico 6.19. Simulaciones de ajuste modelo 02+, demanda anual en kWh/m²-año





6.4.1. Descripción de los resultados del modelo 02+ pasivo

Finalmente se obtiene el modelo 02+ final pasivo. En las tablas y figuras de esta sección pueden observarse los resultados de los diferentes aportes y flujos térmicos del edificio, mensuales y anuales, así como la demanda final de verano e invierno del modelo.

Tabla 6.3. Resultados del modelo 02+ pasivo

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año	
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/año)	(kWh/m ² ·año)
Q_{op}	29,2	25,5	28,6	22,2	19,9	373,7	279,2	314,3	314	23,4	29,4	33,1	-7085,99	-50,29
	-933,1	-825,2	-880,1	-768,1	-748,3	-402	-421,2	-412,4	-416	-978,5	-907,1	-886,5		
Q_w	449,8	429,9	437,8	327,4	285,3	52,1	61,2	59,1	52,8	530,3	489,1	444,1	3299,28	23,42
	-43,3	-37,3	-38,4	-28,9	-24,4	-6,7	-5,1	-5,9	-6,4	-32,5	-43,7	-47,1		
Q_{ve+inf}	3,6	3,9	6,3	8,4	12,7	23,8	30,4	28,3	21,6	8,5	3,3	2,3	-2052,29	-14,57
	-48,3	-43,1	-48,5	-38,5	-34,8	-520,6	-423,9	-455,9	-448,9	-39,5	-49,5	-54		
Q_{equip}	173	156,2	173	167,4	173	167,4	173	173	167,4	173	167,4	173	2036,54	14,45
Q_{ilum}	173	156,2	173	167,4	173	167,4	173	173	167,4	173	167,4	173	2036,54	14,45
Q_{ocup}	152,5	140,1	155,5	151,3	152,5	151,3	155,5	152,5	154,3	152,5	148,4	158,5	1824,9	12,95
Q_H	69,2	16,6	17,3	16,7	17,3	16,5	15,5	14,9	16,7	17,3	16,7	26,1	260,96	1,85
Q_C	0	0	0	0	0	-0,7	-10,6	-17	0	0	0	0	-28,27	-0,2
Q_{HC}	69,2	16,6	17,3	16,7	17,3	17,2	26,1	31,8	16,7	17,3	16,7	26,1	289,23	2,05

Q_{op} : Transferencia de energía correspondiente a la transmisión térmica a través de elementos pesados en contacto con el exterior, kWh/m²·año,

Q_w : Transferencia de energía correspondiente a la transmisión térmica a través de elementos ligeros en contacto con el exterior, kWh/m²·año,

Q_{ve+inf} : Transferencia de energía correspondiente a la transmisión térmica por ventilación, kWh/m²·año,

Q_{equip} : Transferencia de energía correspondiente a la ganancia interna de calor debida al equipamiento interno, kWh/m²·año,

Q_{ilum} : Transferencia de energía correspondiente a la ganancia interna de calor debida a la iluminación, kWh/m²·año,

Q_{ocup} : Transferencia de energía correspondiente a la ganancia interna de calor debida a la ocupación, kWh/m²·año,

Q_H : Energía aportada de calefacción, kWh/m²·año,

Q_C : Energía aportada de refrigeración, kWh/m²·año,

Q_{HC} : Energía aportada de calefacción y refrigeración, kWh/m²·año,

Gráfico 6.20. Demanda energética anual por elemento del modelo 02+, demanda anual en kWh/m²·año

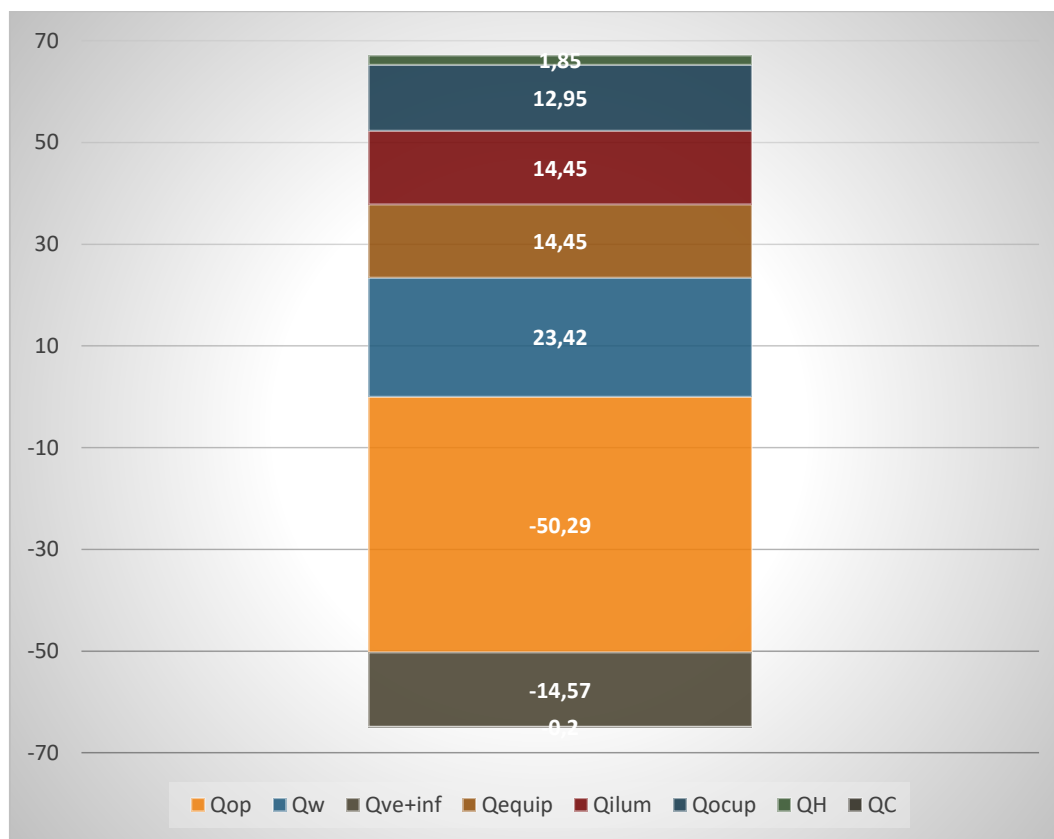


Gráfico 6.21. Demanda energética anual del modelo 02+, demanda anual en kWh/m²·año

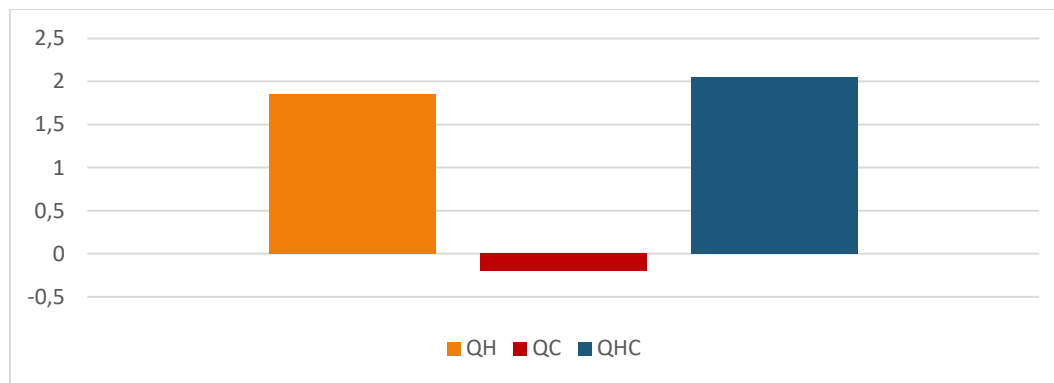


Gráfico 6.22. Demanda energética del modelo 02+

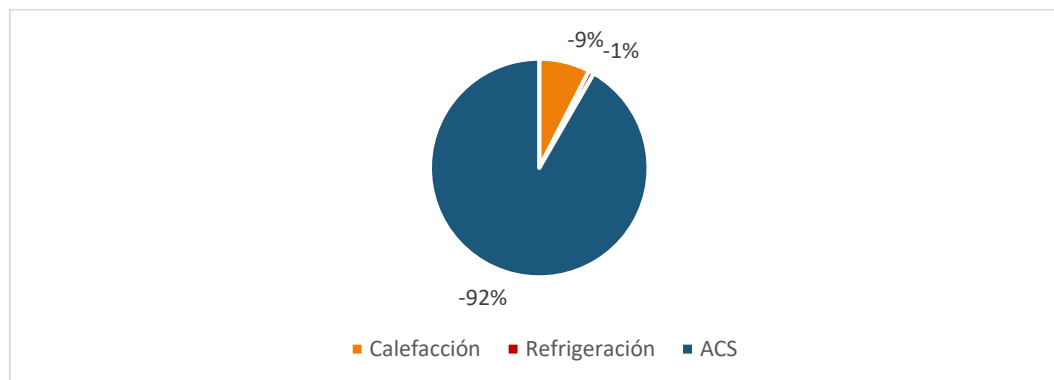
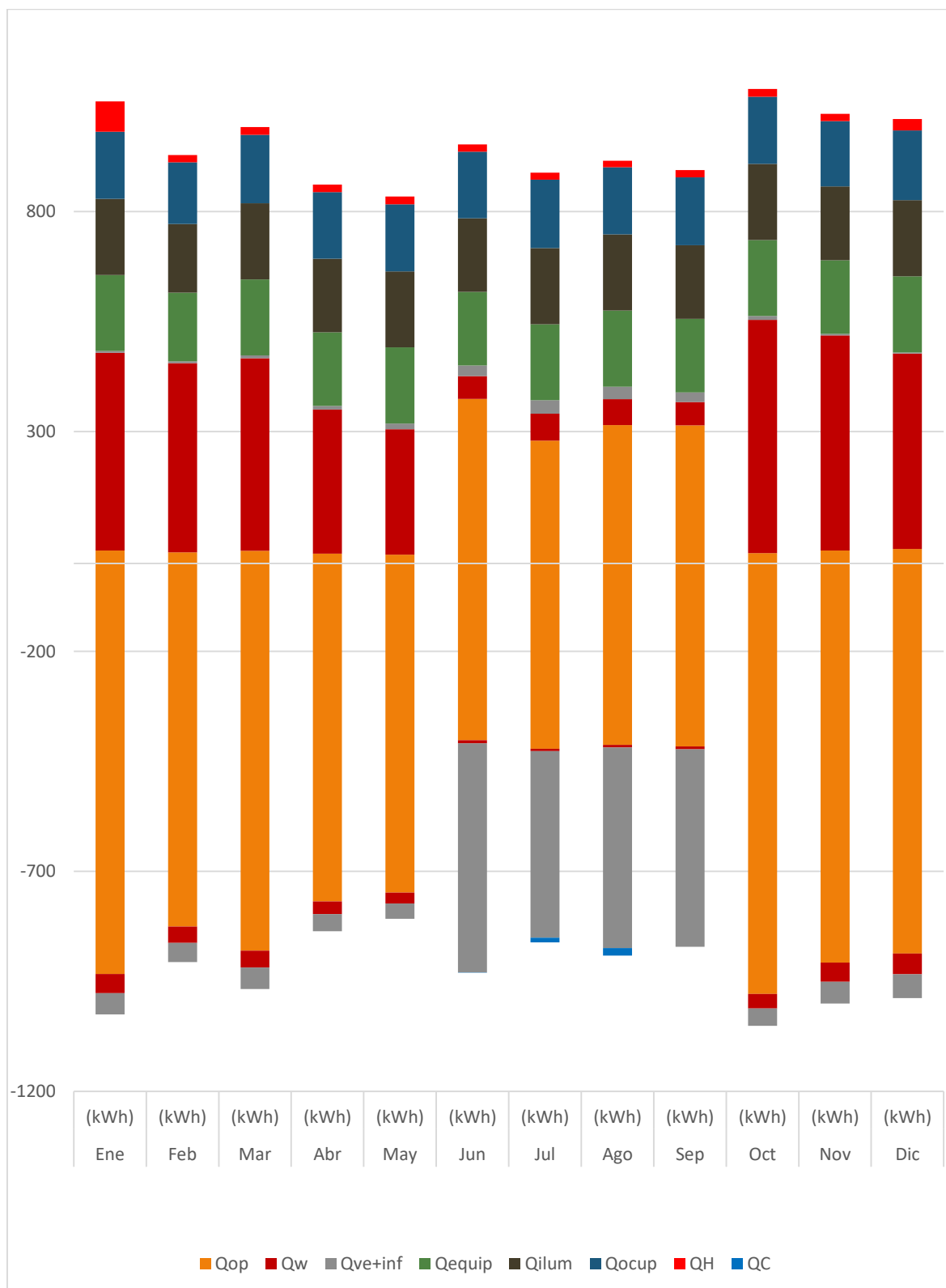




Gráfico 6.23. Demanda energética mensual del modelo 02+ en kWh



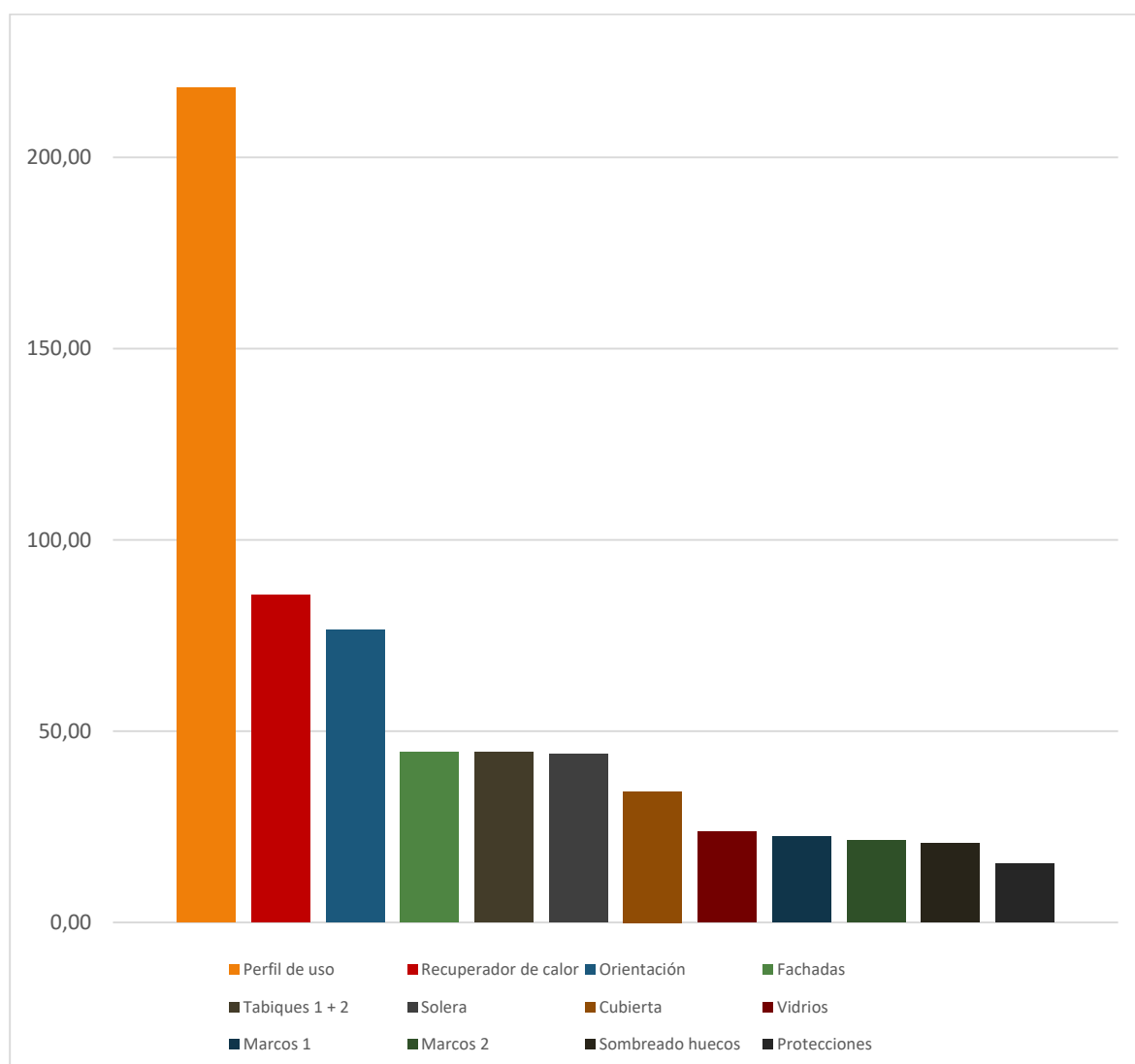
6.5. Modelo 03

Las simulaciones seleccionadas en la fase ALFA de la metodología para el modelo 03 han sido:

- Simulación de orientación ajustada a 0°.
- Fachada tipo c, sate con 16 cm de aislamiento y trasdosado con 3 cm de aislamiento.
- Tabique de tipo a con 3 cm de aislamiento y de 4 cm en contacto con espacios no habitables.
- Paramentos horizontales contacto terreno, solera MISA.
- Cubierta plana no transitable no ventilada con 14 cm de aislamiento, color oscuro.
- Triple acristalamiento con cámara de aire de gas argón.
- Marcos de PVC.
- Sombreados en huecos con voladizos de 0,2 m.
- Persiana plástica clara.
- En el perfil de uso el edificio cierra en agosto.
- Rendimiento de instalaciones de ventilación 90%.

Se puede observar el descenso de demanda obtenido en una primera aplicación de la fase:

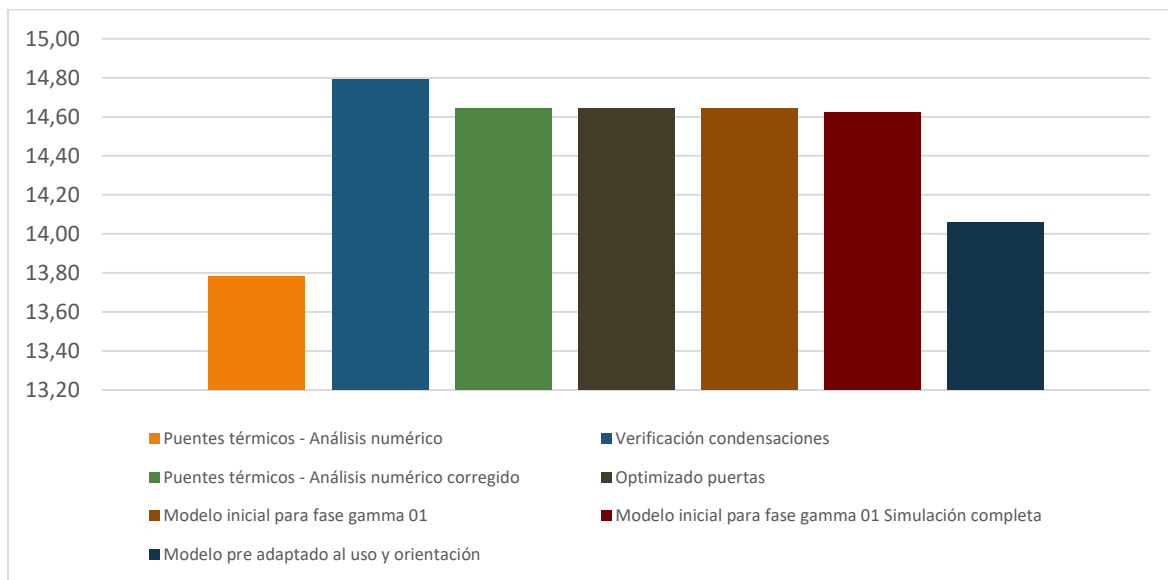
Gráfico 6.24. Simulaciones combinatorias de la fase beta del modelo 03, demanda anual en kWh/m²-año





Una vez incorporadas al modelo las soluciones elegidas se tiene un edificio pasivo al que se le realizan correcciones. Al contar con una envolvente térmica definitiva se puede realizar un análisis numérico de los puentes térmicos, corrigiéndose manualmente los elementos no detectados correctamente. Se realizan las simulaciones de ajuste finales.

Gráfico 6.25. Simulaciones de los puentes térmicos del modelo 03, demanda anual en kWh/m².año



6.5.1. Descripción de los resultados del modelo 03 pasivo

Finalmente se obtiene el modelo 03 final pasivo. En las tablas y figuras de esta sección pueden observarse los resultados de los diferentes aportes y flujos térmicos del edificio, mensuales y anuales, así como la demanda final de verano e invierno del modelo.

Tabla 6.4. Resultados del modelo 03 pasivo

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año	
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/año)	(kWh/m ² año)
Q_{op}	380,3	337,7	371,1	302,2	263,9	190,8	163,3	196,4	201,9	280,9	361,7	395,8	-13618,05	-31,97
	-2240,4	-1852,1	-1785,9	-1556,1	-1452,9	-682,8	-377,3	-1176,7	-571,7	-1564,7	-1772,8	-2030,6		
Q_w	1210,9	1176,1	1265,2	995	975,4	97	135	109,4	126,3	1470,7	1330,5	1184,7	9229,3	21,66
	-117,2	-92,5	-88,2	-68,7	-60	-34,4	-24,9	-42,6	-35,5	-72,4	-94	-116,4		
Q_{ve+inf}	0	0	0,4	1,7	30,7	188,7	398,7	160,5	179,7	29,3	0	0	-9912,75	-23,27
	-1586,4	-1271,1	-1218,5	-915,3	-765,9	-395,9	-257,6	-486,9	-387,3	-857,9	-1228,1	-1531,5		
Q_{equip}	296,5	260,9	290,6	272,8	296,5	278,7	284,7	296,5	266,9	296,5	284,7	278,7	3404,09	7,99
Q_{ilum}	596,4	524,8	584,5	548,7	596,4	560,6	572,6	596,4	536,8	596,4	572,6	560,6	6846,8	16,07
Q_{ocup}	381,3	335,5	373,6	350,8	381,3	358,4	366	381,3	343,1	381,3	366	358,4	4376,78	10,27
Q_H	1078,1	587	222,9	96,7	0	0	0	0	0	0	195,7	899,7	3080,15	7,23
Q_C	0	0	0	0	-224,3	-533,2	-1229,8	0	-638,4	-524,4	0	0	-3150,13	-7,39
Q_{HC}	1078,1	587	222,9	96,7	224,3	533,2	1229,8	0	638,4	524,4	195,7	899,7	6230,28	14,62

Q_{op} : Transferencia de energía correspondiente a la transmisión térmica a través de elementos pesados en contacto con el exterior, kWh/m²año,

Q_w : Transferencia de energía correspondiente a la transmisión térmica a través de elementos ligeros en contacto con el exterior, kWh/m²año,

Q_{ve+inf} : Transferencia de energía correspondiente a la transmisión térmica por ventilación, kWh/m²año,

Q_{equip} : Transferencia de energía correspondiente a la ganancia interna de calor debida al equipamiento interno, kWh/m²año,

Q_{ilum} : Transferencia de energía correspondiente a la ganancia interna de calor debida a la iluminación, kWh/m²año,

Q_{ocup} : Transferencia de energía correspondiente a la ganancia interna de calor debida a la ocupación, kWh/m²año,

Q_H : Energía aportada de calefacción, kWh/m²año,

Q_C : Energía aportada de refrigeración, kWh/m²año,

Q_{HC} : Energía aportada de calefacción y refrigeración, kWh/m²año,



Gráfico 6.26. Demanda energética anual por elemento del modelo 03, demanda anual en kWh/m²-año

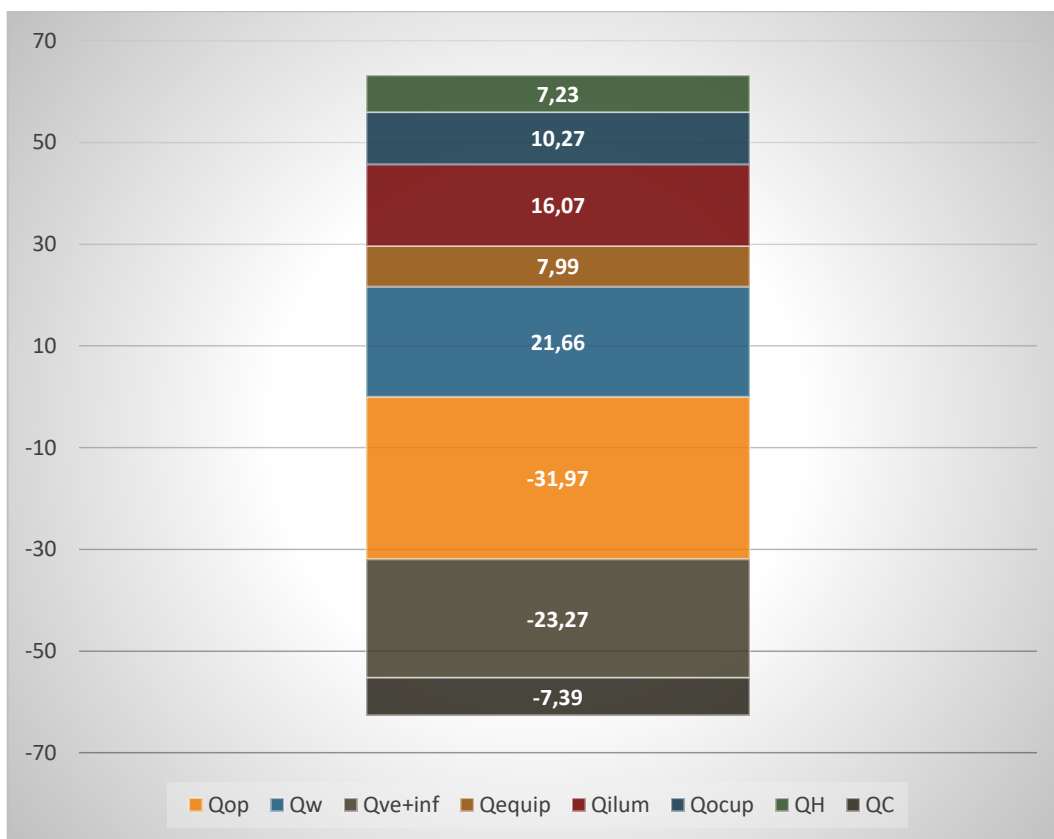


Gráfico 6.27. Demanda energética anual del modelo 03, demanda anual en kWh/m²-año

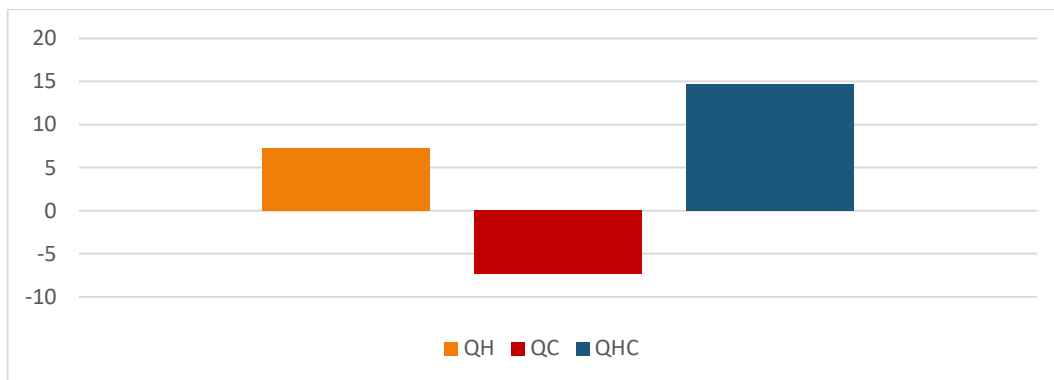
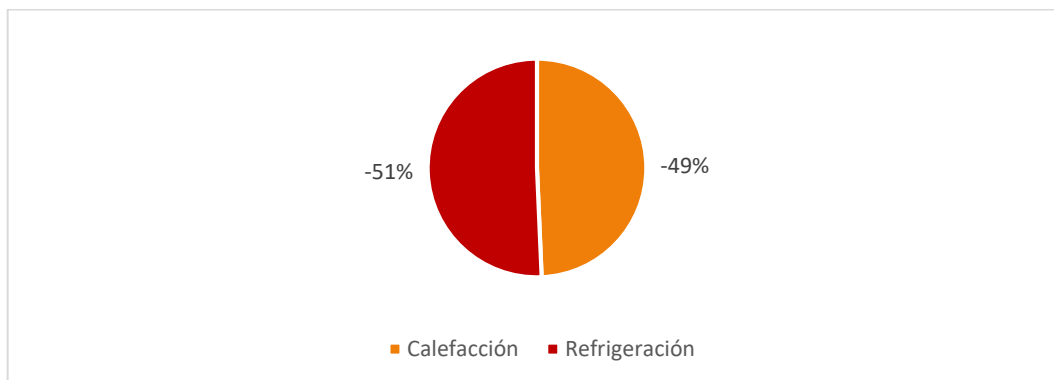
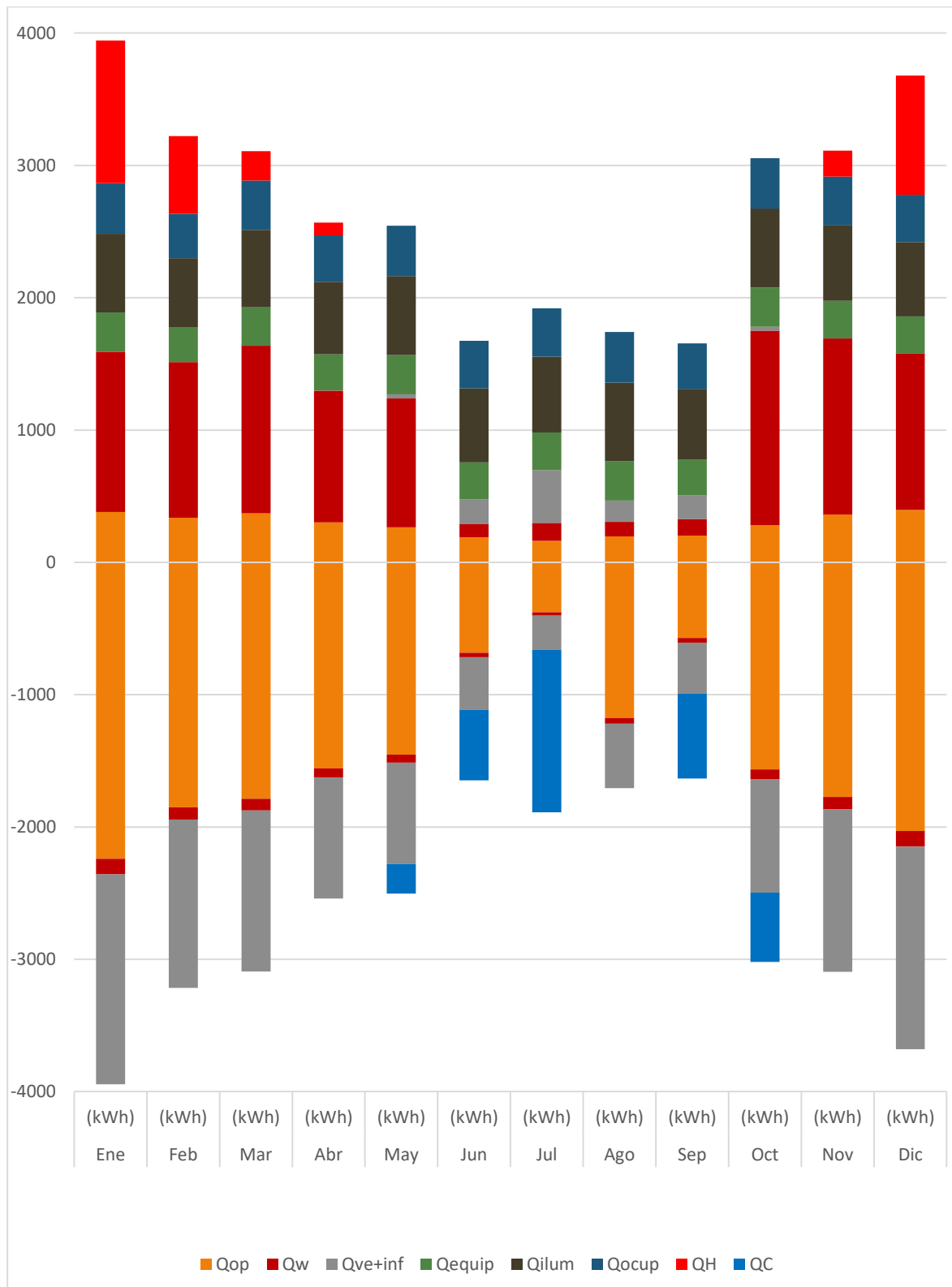


Gráfico 6.28. Demanda energética del modelo 03



METODOLOGÍA DE DISEÑO Y ANÁLISIS DE SOLUCIONES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA CONSECUCCIÓN DE EDIFICIOS DE CONSUMO CASI NULO (NZEB)

Gráfico 6.29. Demanda energética mensual del modelo 03 en kWh





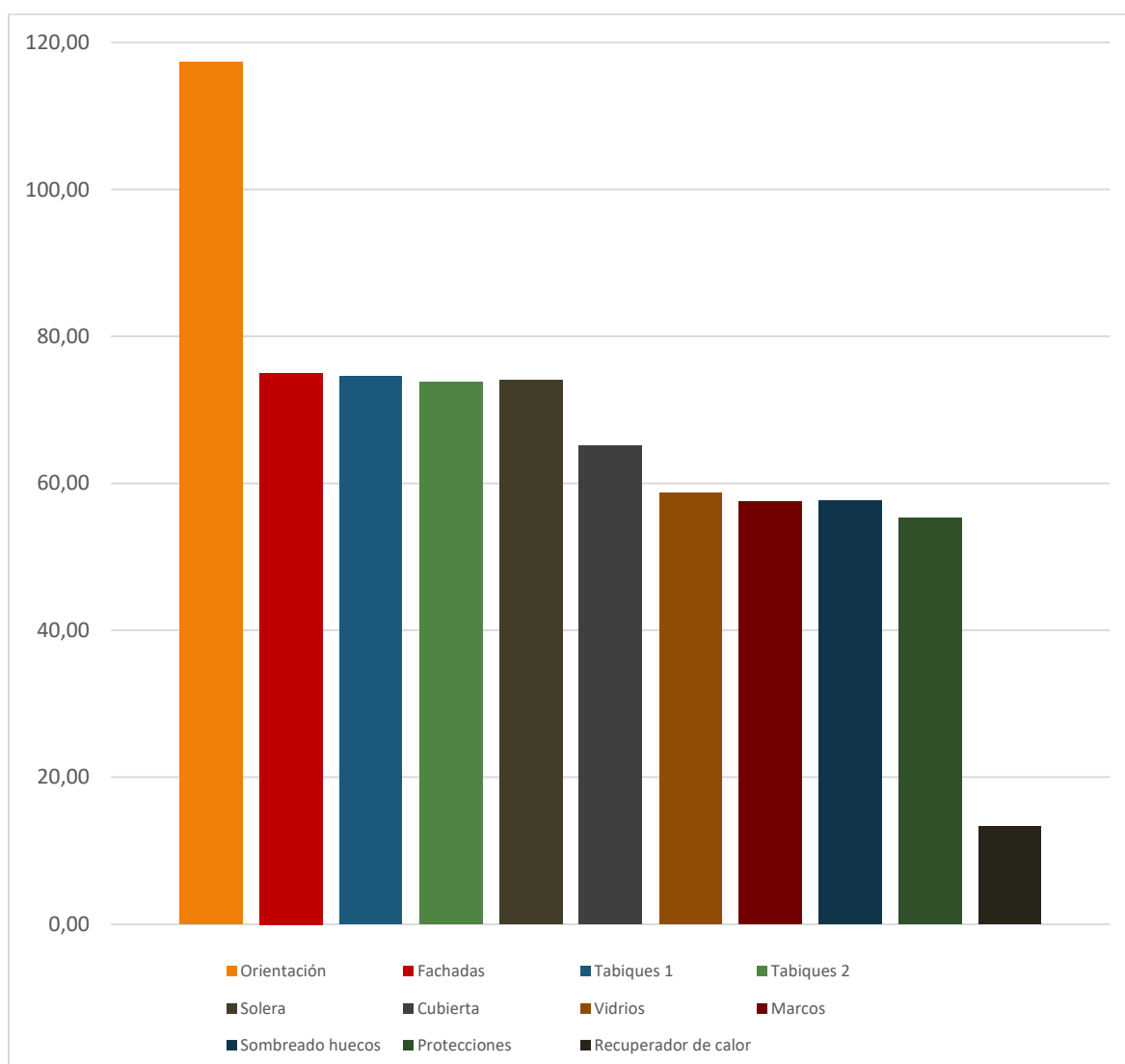
6.6. Modelo 04

Las simulaciones seleccionadas en la fase ALFA de la metodología para el modelo 04 han sido:

- Simulación de orientación ajustada a 0°.
- Fachada tipo c, sate con 14 cm de aislamiento.
- Tabique de entramado autoportante con 4 cm de aislamiento y de 8 cm en contacto con espacios no habitables.
- Paramentos horizontales contacto terreno, solera con 3 cm de aislamiento.
- Cubierta plana no transitable no ventilada con 14 cm de aislamiento, color claro.
- Paramentos horizontales entreplantas: MISA.
- Vidrio baja emisividad LOW. S. 8/16/6, interior temple lite Azur color verde.
- Marcos de PVC.
- Huecos sombreados 0,3 m.
- Protecciones en los huecos: lonas opacas.
- Rendimiento de instalaciones de ventilación 90%.

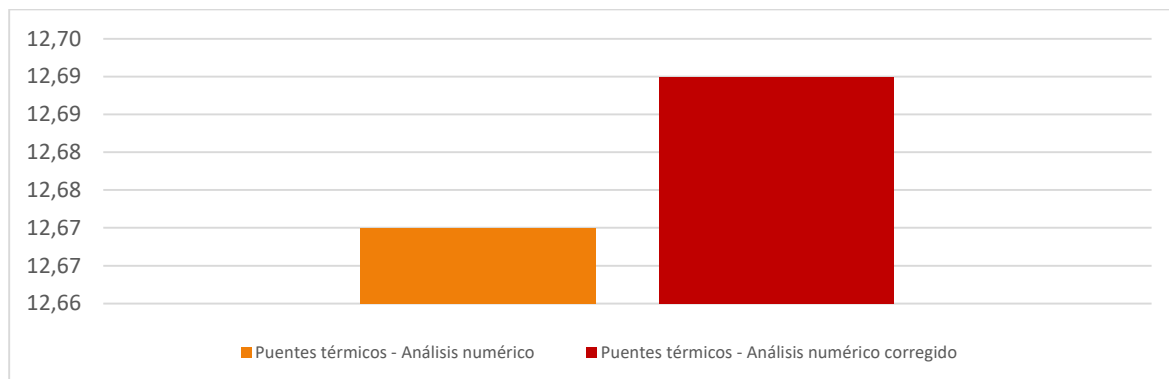
Se muestra el descenso de demanda obtenido en una primera aplicación de la fase:

Gráfico 6.30. Simulaciones combinatorias de la fase beta del modelo 04, demanda anual en kWh/m²-año



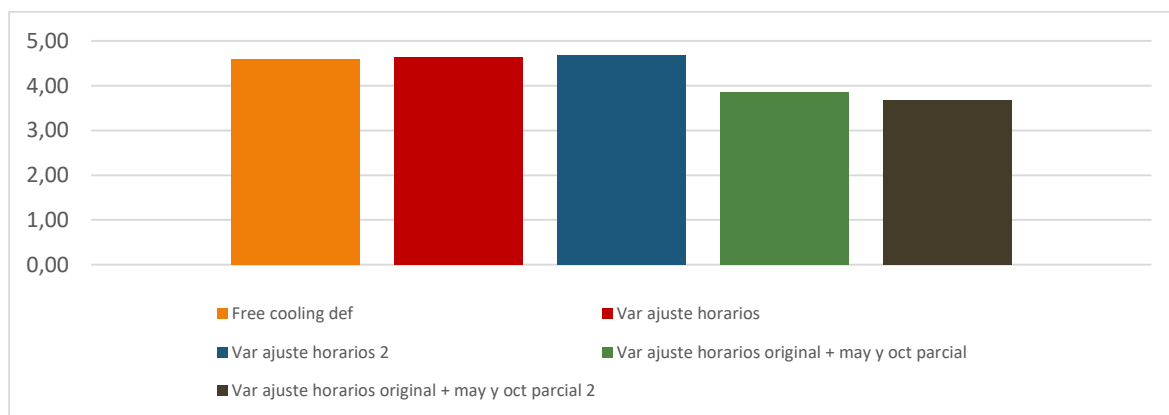
Una vez incorporadas al modelo las soluciones elegidas se tiene un edificio pasivo al que se le realizan correcciones. Al contar con una envolvente térmica definitiva se puede realizar un análisis numérico de los puentes térmicos, corrigiéndose manualmente los elementos no detectados correctamente.

Gráfico 6.31. Simulaciones de los puentes térmicos del modelo 04, demanda anual en kWh/m²·año



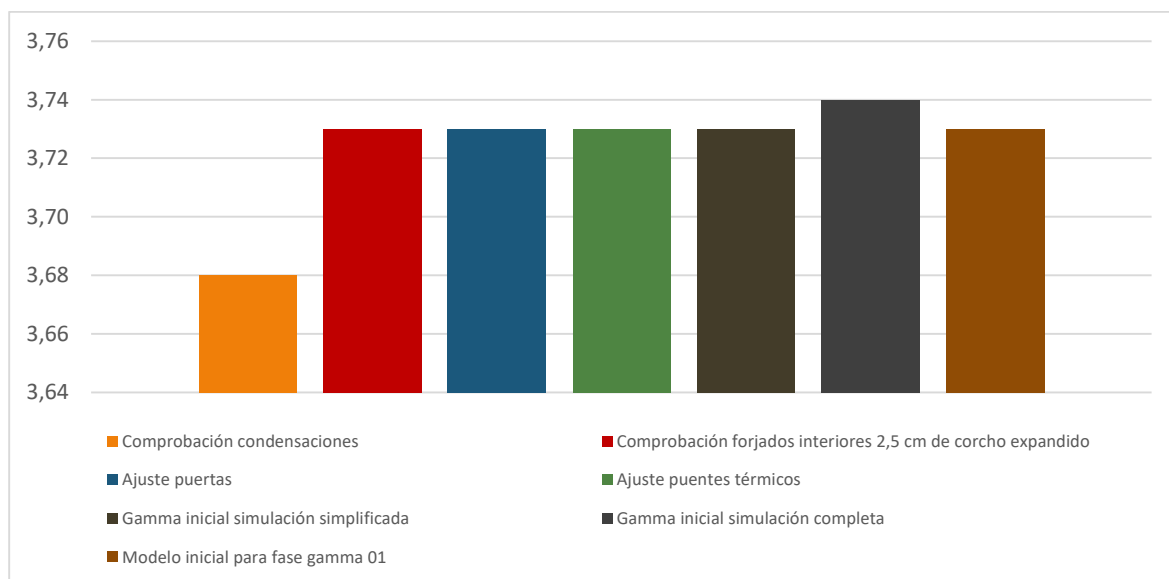
Se simula la utilización de free cooling.

Gráfico 6.32. Simulaciones de free cooling del modelo 04, demanda anual en kWh/m²·año



Por último, se realizan las comprobaciones finales:

Gráfico 6.33. Simulaciones de ajustes finales del modelo 04, demanda anual en kWh/m²·año





6.6.1. Descripción de los resultados del modelo 04 pasivo

Finalmente se obtiene el modelo 04 final pasivo. En las tablas y figuras de esta sección pueden observarse los resultados de los diferentes aportes y flujos térmicos del edificio, mensuales y anuales, así como la demanda final de verano e invierno del modelo.

Tabla 6.5. Resultados del modelo 04 pasivo

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año	
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/año)	(kWh/m ² año)
Q_{op}	280	234	245,5	196,5	994,8	1739,7	1479,9	1617,5	1683,2	1018,6	246,3	289,9	-13830,27	-22,85
	-2448,7	-2001	-1989,1	-1886,9	-2067,5	-1814,3	-1715,1	-1725,2	-1759,9	-2274,8	-1976,8	-2196,8		
Q_w	819,3	814,8	884,4	758,4	798,5	403,9	463,3	466,9	464,7	1080,7	917,4	804,7	6423,08	10,61
	-334,5	-269,1	-266,3	-208,9	-141,6	-62	-51,6	-59	-67,3	-181,4	-278,4	-334		
Q_{ve+inf}	0,5	1,3	2,7	6,4	46,6	167,4	245,9	230,6	140,4	31,9	1,2	0,2	-12711,28	-21
	-664,1	-519,3	-506,2	-381,5	-1265	-2159,8	-1755	-1897	-1994,8	-1301,5	-514,1	-628,2		
Q_{equip}	357,3	314,5	350,2	328,8	357,3	335,9	343,1	357,3	321,6	357,3	343,1	335,9	4102,33	6,78
Q_{ilum}	833,8	733,7	817,1	767,1	833,8	783,8	800,5	833,8	750,4	833,8	800,5	783,8	9572,09	15,82
Q_{ocup}	481,4	423,6	471,8	442,9	481,4	452,5	462,1	481,4	433,3	481,4	462,1	452,5	5526,53	9,13
Q_H	686,8	282,6	11,7	6,5	0	161,5	0,7	0	40,2	2,2	17,4	499,7	1709,31	2,82
Q_C	0	0	0	0	0	-0,3	-249,6	-290,3	-5	-13,7	0	0	-558,88	-0,92
Q_{HC}	686,8	282,6	11,7	6,5	0	161,8	250,3	290,3	45,3	15,8	17,4	499,7	2268,19	3,75

Q_{op} : Transferencia de energía correspondiente a la transmisión térmica a través de elementos pesados en contacto con el exterior, kWh/m²año,

Q_w : Transferencia de energía correspondiente a la transmisión térmica a través de elementos ligeros en contacto con el exterior, kWh/m²año,

Q_{ve+inf} : Transferencia de energía correspondiente a la transmisión térmica por ventilación, kWh/m²año,

Q_{equip} : Transferencia de energía correspondiente a la ganancia interna de calor debida al equipamiento interno, kWh/m²año,

Q_{ilum} : Transferencia de energía correspondiente a la ganancia interna de calor debida a la iluminación, kWh/m²año,

Q_{ocup} : Transferencia de energía correspondiente a la ganancia interna de calor debida a la ocupación, kWh/m²año,

Q_H : Energía aportada de calefacción, kWh/m²año,

Q_C : Energía aportada de refrigeración, kWh/m²año,

Q_{HC} : Energía aportada de calefacción y refrigeración, kWh/m²año,



Gráfico 6.34. Demanda energética anual por elemento del modelo 04, demanda anual en kWh/m²-año

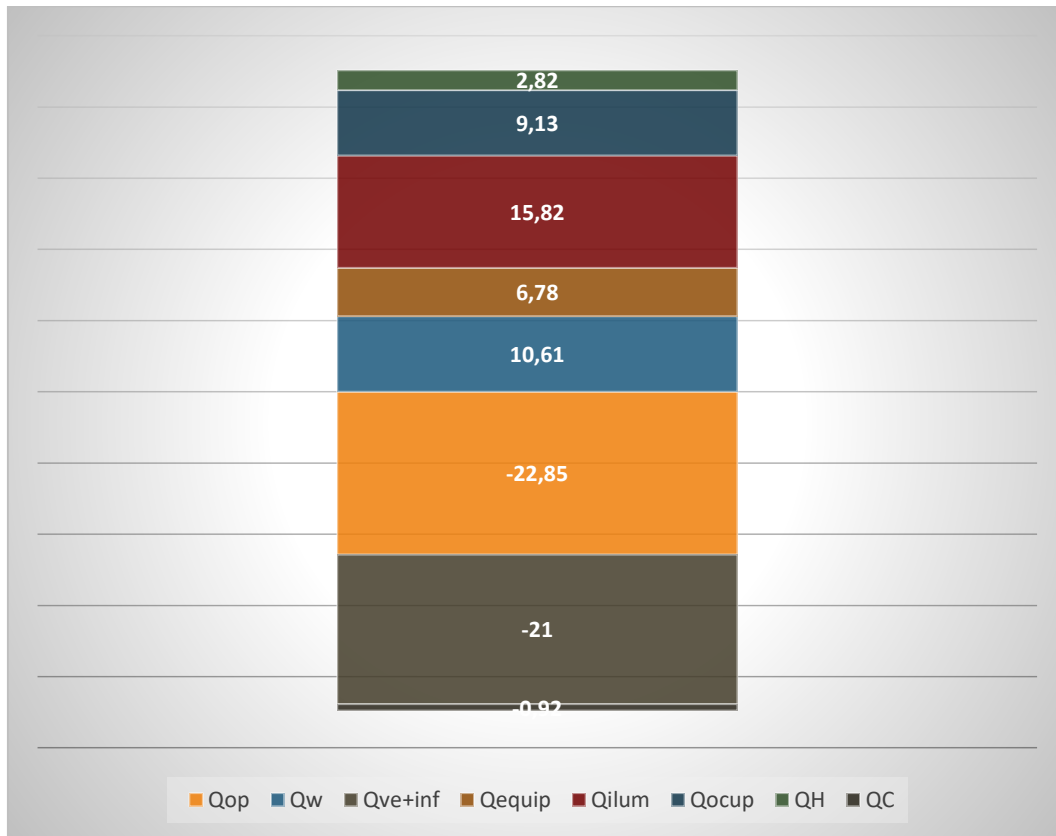


Gráfico 6.35. Demanda energética anual del modelo 04, demanda anual en kWh/m²-año

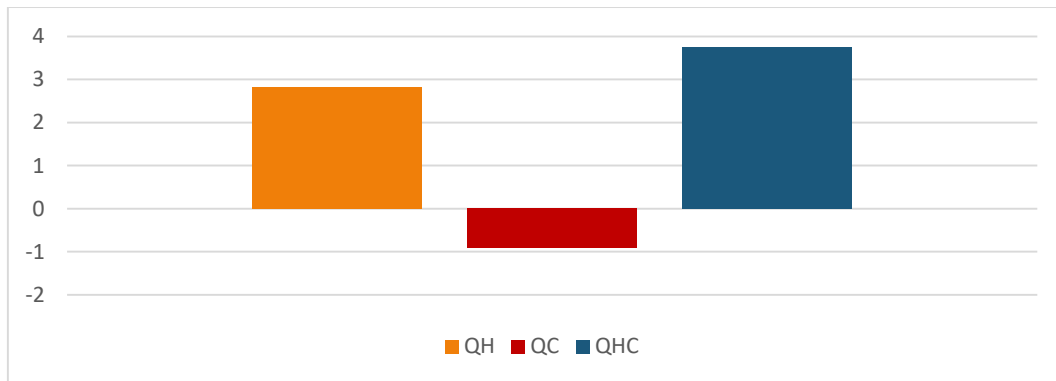


Gráfico 6.36. Demanda energética del modelo 04

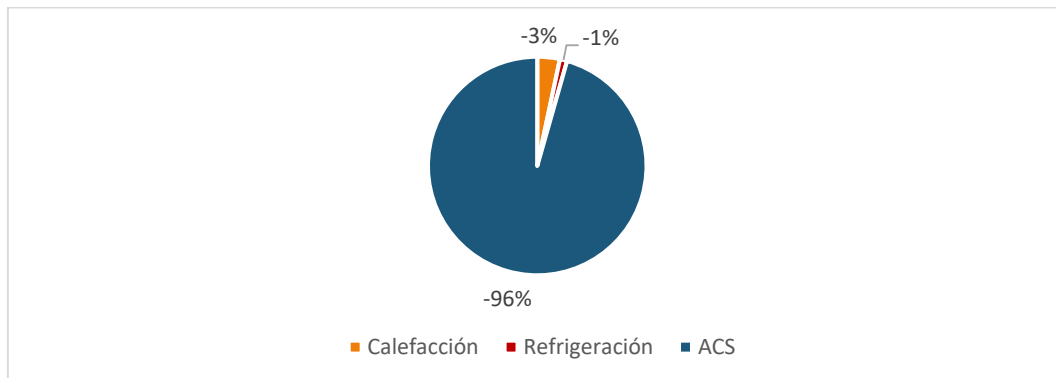
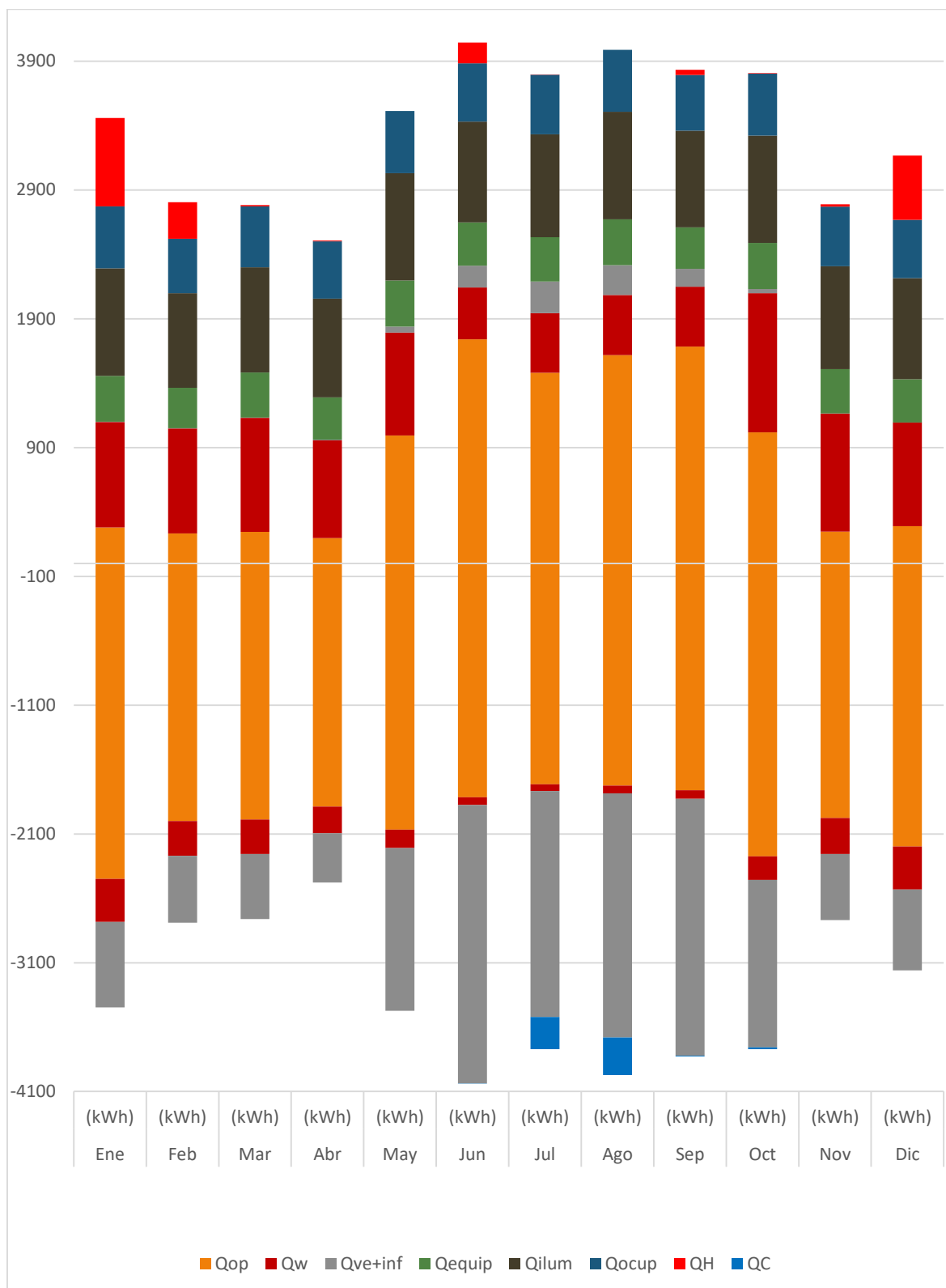




Gráfico 6.37. Demanda energética mensual del modelo 04 en kWh





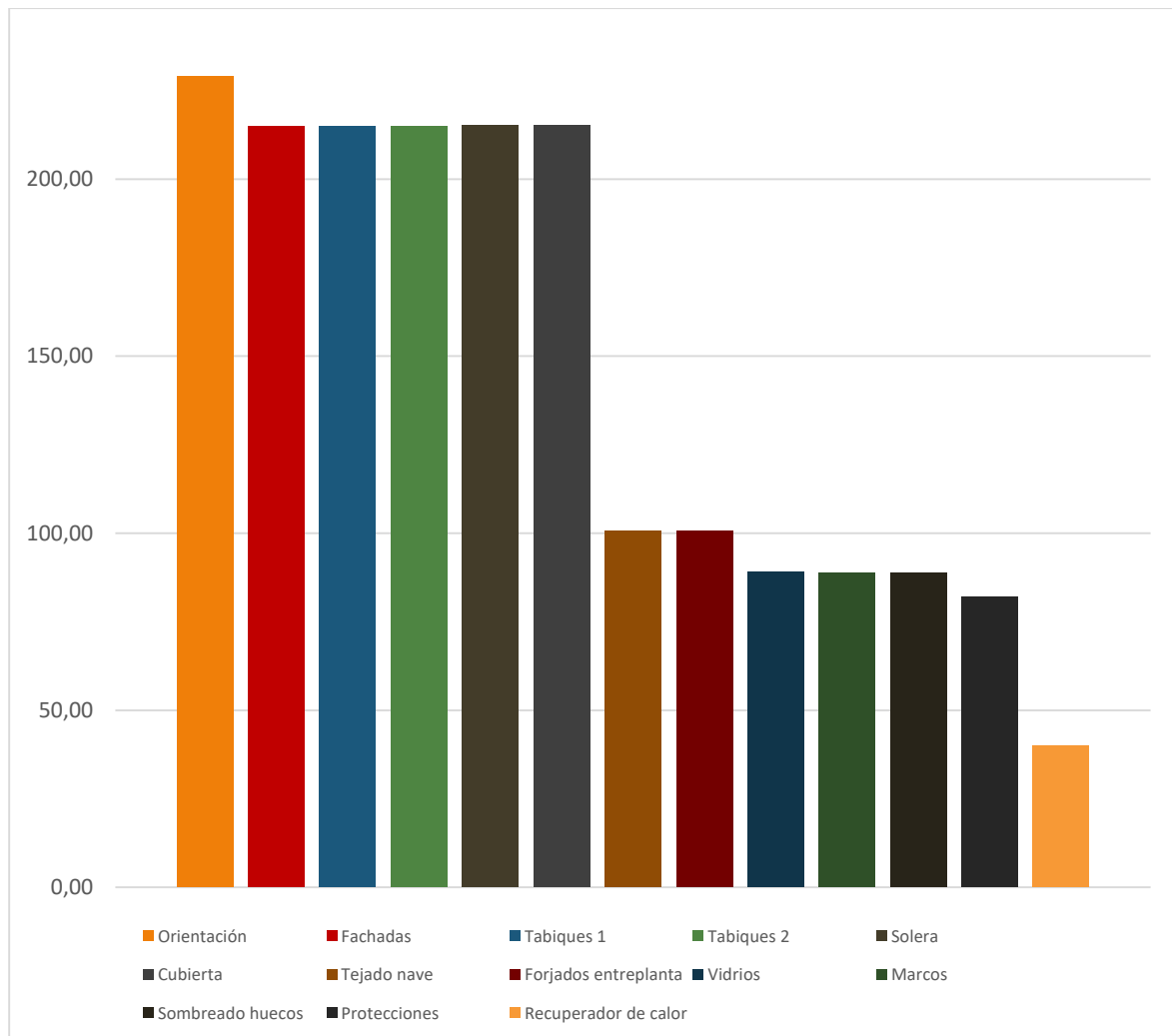
6.7. Modelo 05

Las simulaciones seleccionadas en la fase ALFA de la metodología para el modelo 05 han sido:

- Simulación de orientación ajustada a 80°.
- Fachada tipo c, sate con 6 cm de aislamiento.
- Tabique de entramado autoportante sin aislamiento y de 1.5 cm en contacto con espacios no habitables.
- Paramentos horizontales contacto terreno, solera de 3 cm de aislamiento.
- Cubierta plana no transitable no ventilada con 3 cm de aislamiento.
- Cubierta inclinada de la nave de color claro y con 14 cm de aislamiento.
- Paramentos horizontales entreplanta, MISA.
- Triple acristalamiento con cámara de aire de gas argón.
- Marcos de PVC.
- Sin elementos de sombra en los huecos.
- Lona opaca.
- Rendimiento de instalaciones de ventilación 90%.

Puede observarse el descenso de demanda obtenido en una primera aplicación de la fase:

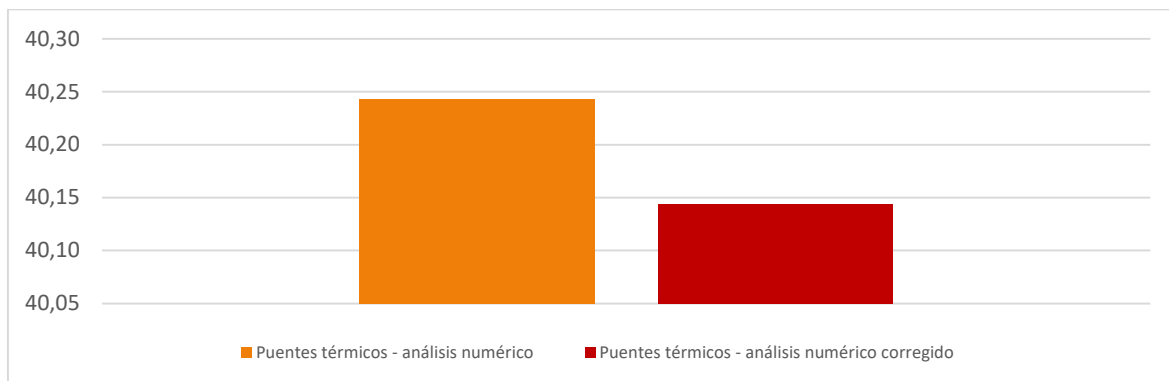
Gráfico 6.38. Simulaciones combinatorias de la fase beta del modelo 05, demanda anual en kWh/m²-año





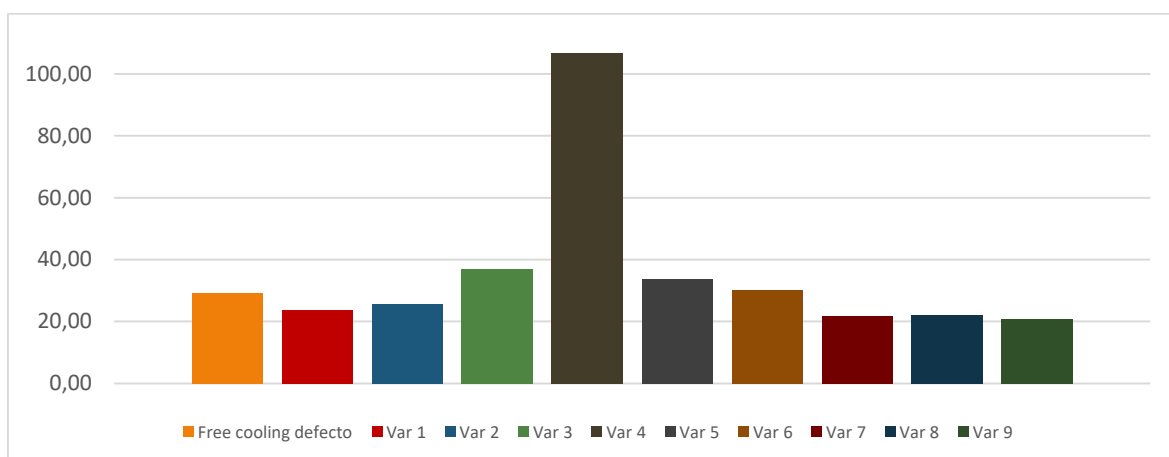
Una vez incorporadas al modelo las soluciones elegidas se tiene un edificio pasivo al que se le realizan correcciones. Al contar con una envolvente térmica definitiva se puede realizar un análisis numérico de los puentes térmicos, corrigiéndose manualmente los elementos no detectados correctamente.

Gráfico 6.39. Simulaciones de los puentes térmicos del modelo 05, demanda anual en kWh/m²·año



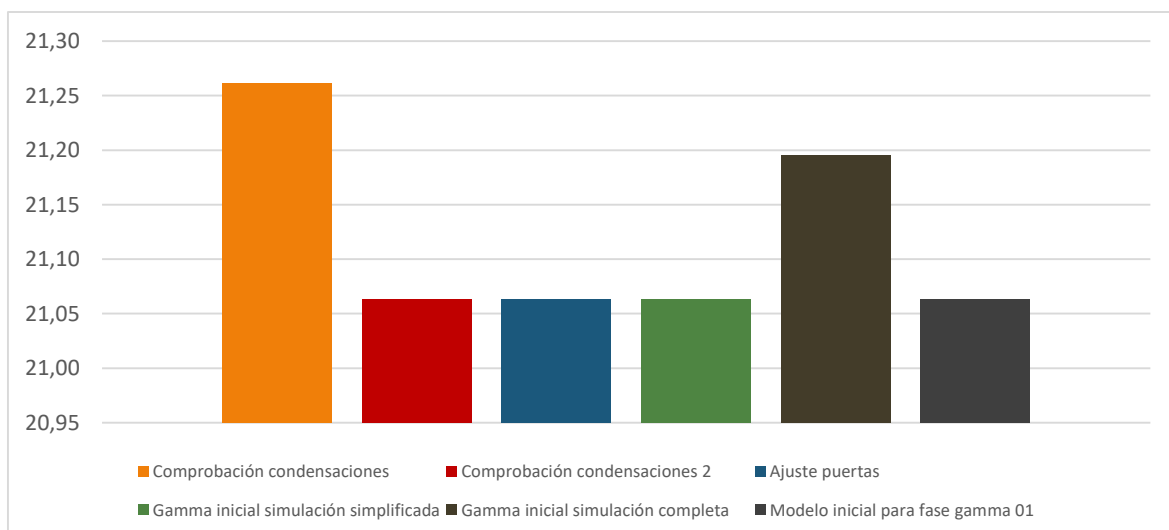
Se simula la utilización de free cooling.

Gráfico 6.40. Simulaciones de free cooling del modelo 05, demanda anual en kWh/m²·año



Se realizan las simulaciones finales.

Gráfico 6.41. Simulaciones de ajuste final del modelo 05, demanda anual en kWh/m²·año



6.7.1. Descripción de los resultados del modelo 05 pasivo

Finalmente se obtiene el modelo 05 final pasivo. En las tablas y figuras de esta sección pueden observarse los resultados de los diferentes aportes y flujos térmicos del edificio, mensuales y anuales, así como la demanda final de verano e invierno del modelo.

Tabla 6.6. Resultados del modelo 05 pasivo

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año	
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/año) (kWh/m ² -año)	
Q _{op}	94,2	86,9	3478	3120,7	9487,7	7412,3	6152,3	6233,4	6571,3	8553	125,8	101,4	-66986,74	-37,45
	-12120,9	-10494,1	-12230,5	-10664,6	-12746,4	-7717,9	-5272,9	-5408,2	-7282,9	-12464,1	-10563,2	-11438	0,00	
Q _w	3117,3	3375,1	4390	4314,2	5111,6	1287,9	1466,8	1279,8	1030,3	4576,1	3505,8	2916,9	32991,14	18,44
	-567,6	-491,1	-401,1	-318,6	-144,6	-62	-47,2	-50,3	-63,4	-169,5	-481,3	-583,7	0,00	
Q _{ve+inf}	0	0,1	0,5	1,5	57,3	329,2	657,5	645	308,4	57,2	0,1	0	-77781,94	-43,48
	-2258,7	-1974,8	-6351,1	-5363,3	-13045,8	-9872,2	-7984	-8199,5	-8749,8	-11935	-1842,8	-2261,7	0,00	
Q _{equip}	85,1	76,3	85,1	80,7	85,1	82,2	83,6	85,1	80,7	85,1	82,2	83,6	994,74	0,56
Q _{ilum}	2469,2	2213,8	2469,2	2341,5	2469,2	2384,1	2426,6	2469,2	2341,5	2469,2	2384,1	2426,6	28864,17	16,14
Q _{ocup}	9261,4	8303,3	9261,4	8782,3	9261,4	8942	9101,7	9261,4	8782,3	9261,4	8942	9101,7	108262,17	60,53
Q _H	441,3	10,5	211,6	63,4	1640	866,7	416,8	522,8	711,2	1730,6	0,1	184,8	6799,9	3,80
Q _C	-235,2	-953,8	-837,4	-2178	-2096,2	-3578,1	-6680,2	-6645,2	-3592,2	-2039,7	-1919,6	-360,7	-31116,09	-17,40
Q _{HC}	676,5	964,3	1048,9	2241,4	3736,2	4444,8	7097	7168	4303,4	3770,3	1919,8	545,5	37915,99	21,20

Q_{op}: Transferencia de energía correspondiente a la transmisión térmica a través de elementos pesados en contacto con el exterior, kWh/m²-año,

Q_w: Transferencia de energía correspondiente a la transmisión térmica a través de elementos ligeros en contacto con el exterior, kWh/m²-año,

Q_{ve+inf}: Transferencia de energía correspondiente a la transmisión térmica por ventilación, kWh/m²-año,

Q_{equip}: Transferencia de energía correspondiente a la ganancia interna de calor debida al equipamiento interno, kWh/m²-año,

Q_{ilum}: Transferencia de energía correspondiente a la ganancia interna de calor debida a la iluminación, kWh/m²-año,

Q_{ocup}: Transferencia de energía correspondiente a la ganancia interna de calor debida a la ocupación, kWh/m²-año,

Q_H: Energía aportada de calefacción, kWh/m²-año,

Q_C: Energía aportada de refrigeración, kWh/m²-año,

Q_{HC}: Energía aportada de calefacción y refrigeración, kWh/m²-año,



Gráfico 6.42. Demanda energética anual por elemento del modelo 05, demanda anual en kWh/m²-año

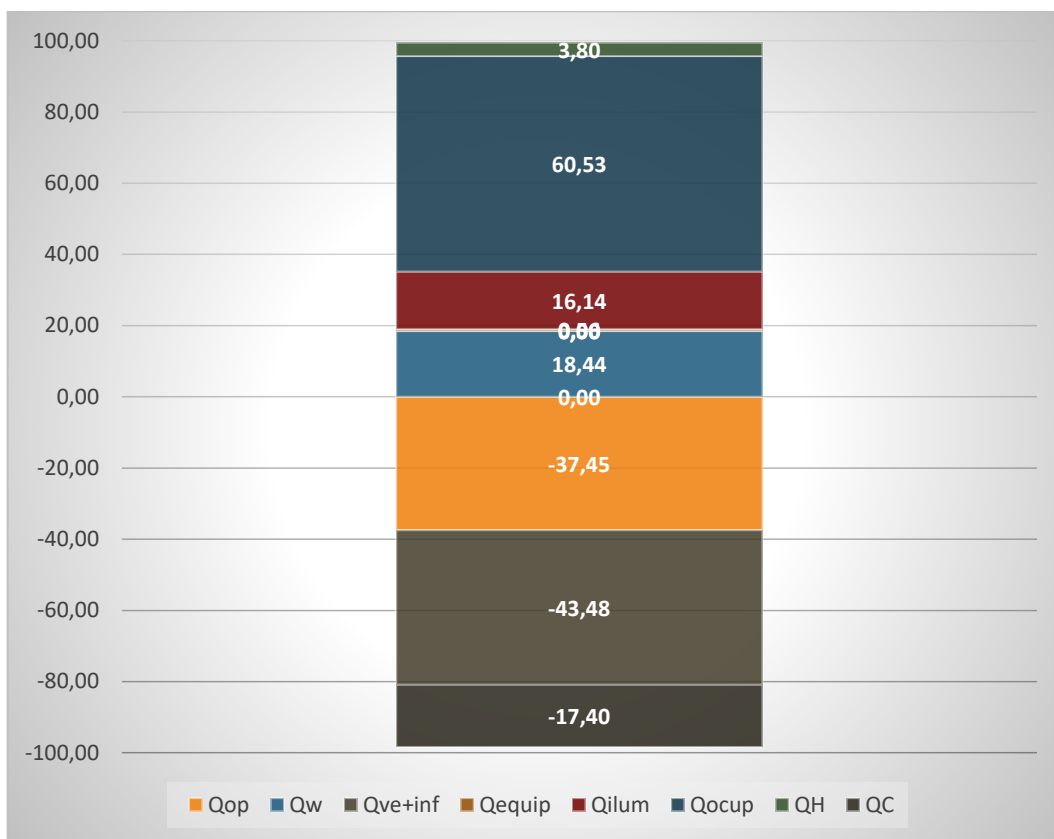


Gráfico 6.43. Demanda energética anual del modelo 05, demanda anual en kWh/m²-año

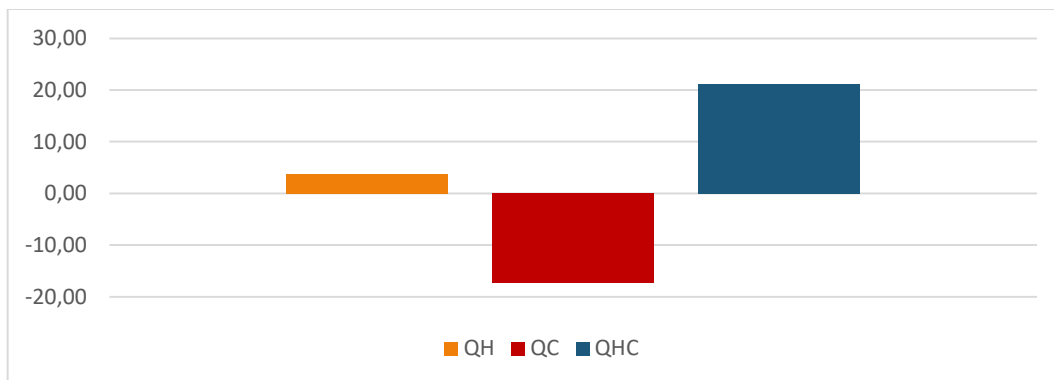
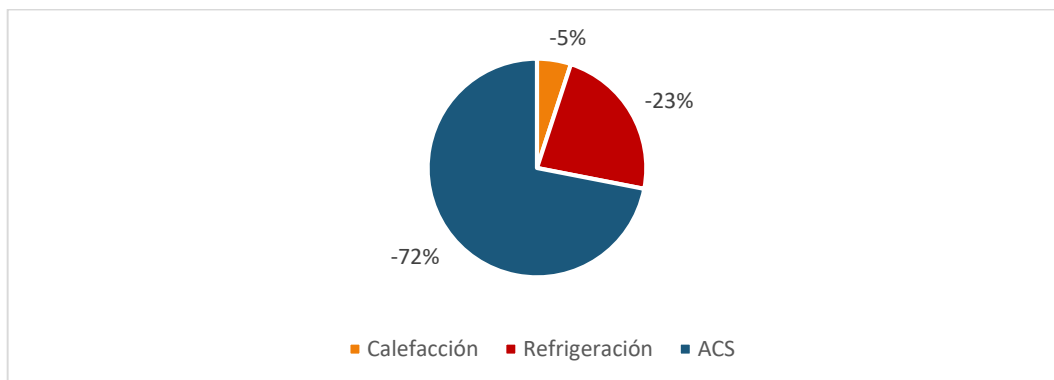


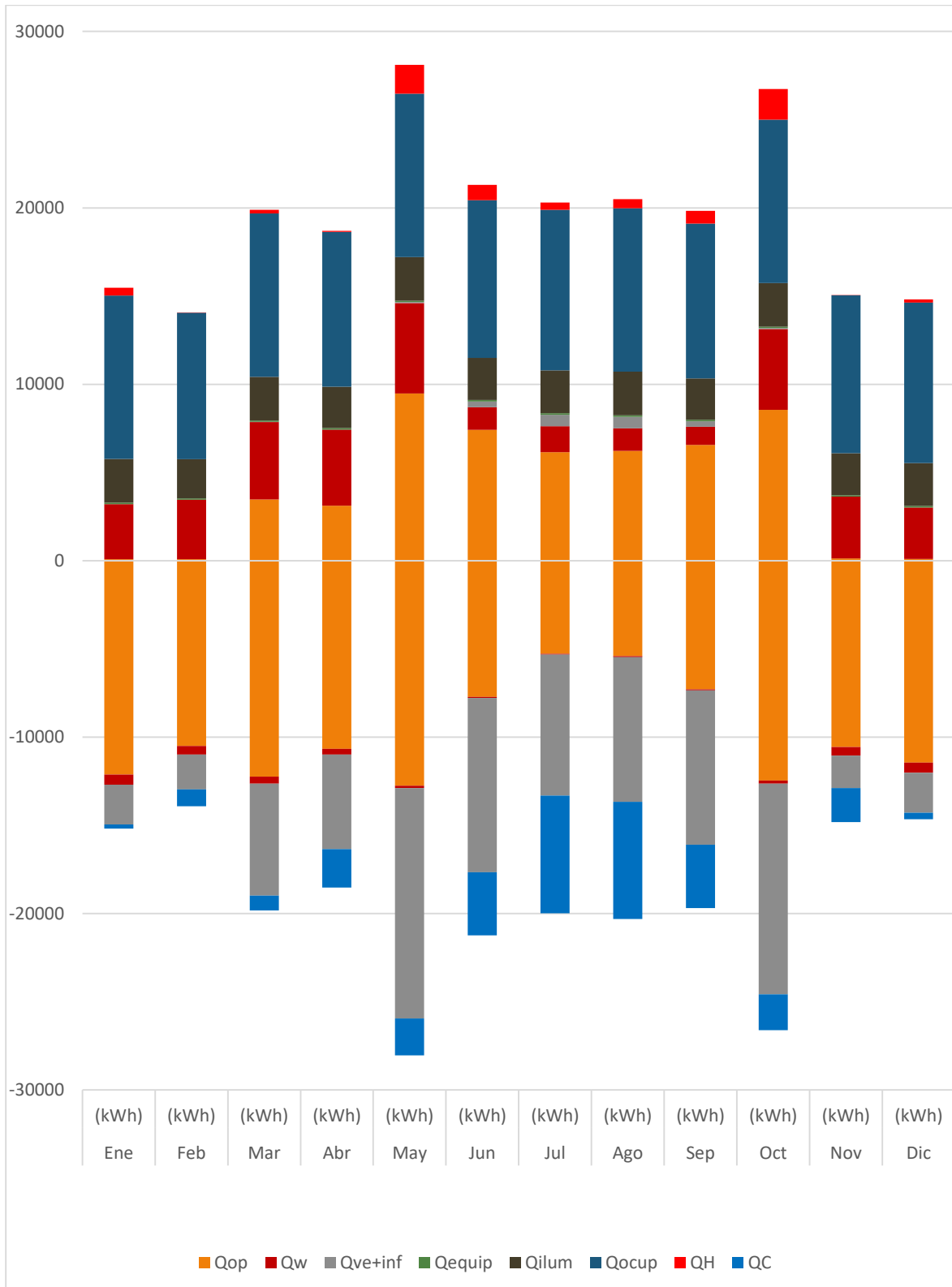
Gráfico 6.44. Demanda energética del modelo 05





METODOLOGÍA DE DISEÑO Y ANÁLISIS DE SOLUCIONES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA CONSECUCCIÓN DE EDIFICIOS DE CONSUMO CASI NULO (NZEB)

Gráfico 6.45. Demanda energética mensual del modelo 05 en kWh





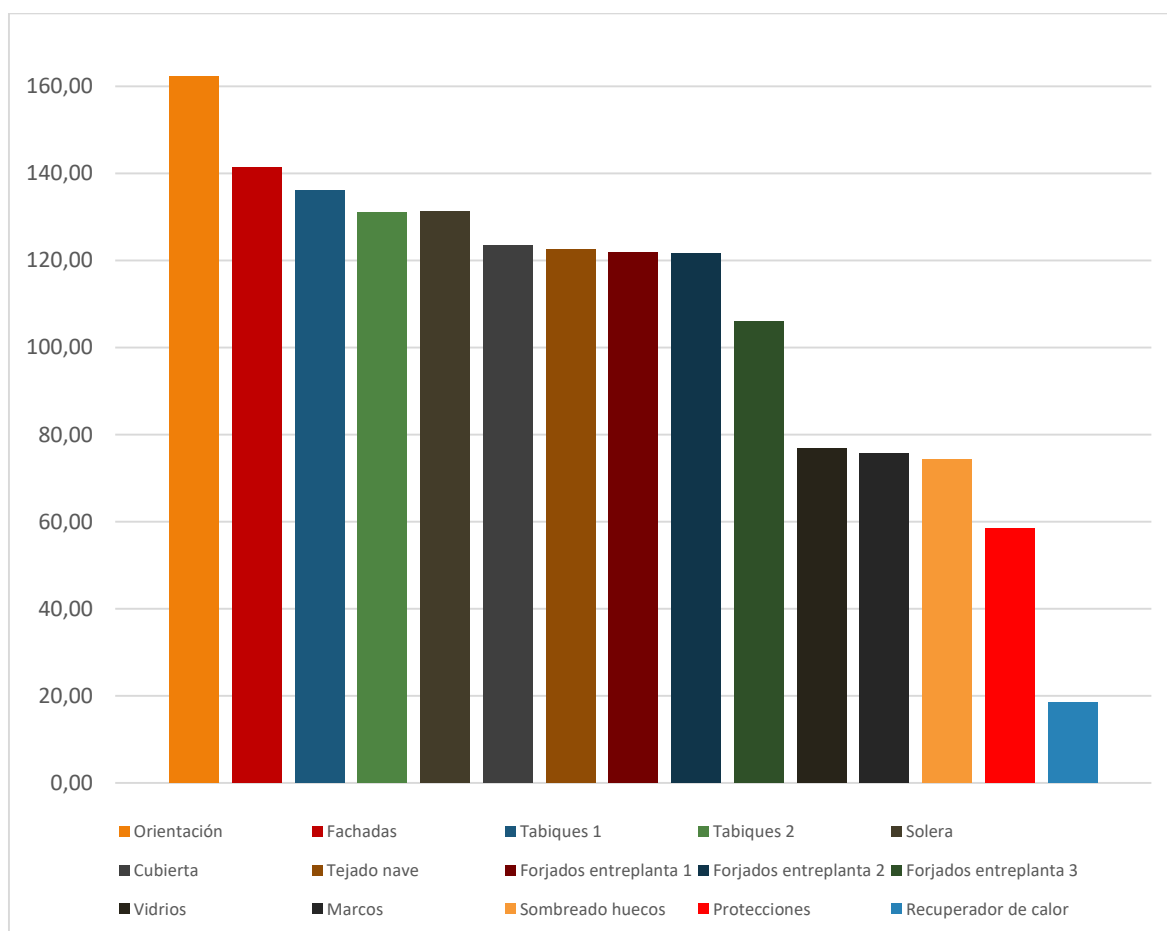
6.8. Modelo 06

Las simulaciones seleccionadas en la fase ALFA de la metodología para el modelo 06 han sido:

- Simulación de orientación ajustada a 75°.
- Edificio de oficinas. Fachada tipo c, sate con 12 cm de aislamiento.
- Nave Industrial. Fachada MISA.
- Tabique de entramado autoportante con 6 cm aislamiento y de 8 cm en contacto con espacios no habitables.
- Edificio de oficinas. Solera de 3 cm de aislamiento.
- Nave Industrial. Solera MISA.
- Cubierta plana no transitable no ventilada con 3 cm de aislamiento, color claro.
- Cubierta inclinada de la nave con 3 cm de aislamiento.
- Acabados, falso techo con 2,5 cm de aislamiento de corcho.
- Forjados entre planta en contacto con el exterior con 14 cm de aislamiento.
- Triple acristalamiento con cámara de aire de gas argón.
- Marcos de PVC.
- Voladizos en los huecos de 0,5 m en ventanas exteriores.
- Persiana plástica clara.
- Rendimiento de instalaciones de ventilación 90%.

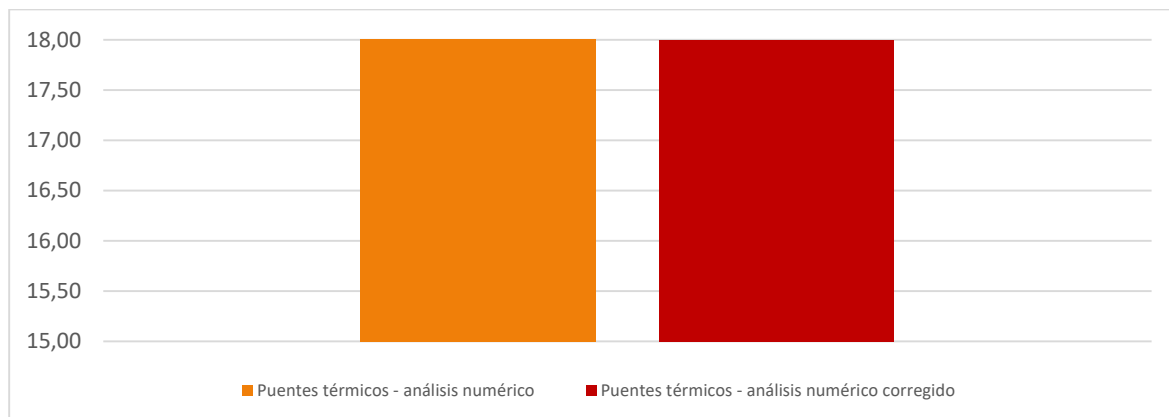
Se muestra el descenso de demanda obtenido en una primera aplicación de la fase:

Gráfico 6.46. Simulaciones combinatorias de la fase beta del modelo 06, demanda anual en kWh/m²-año



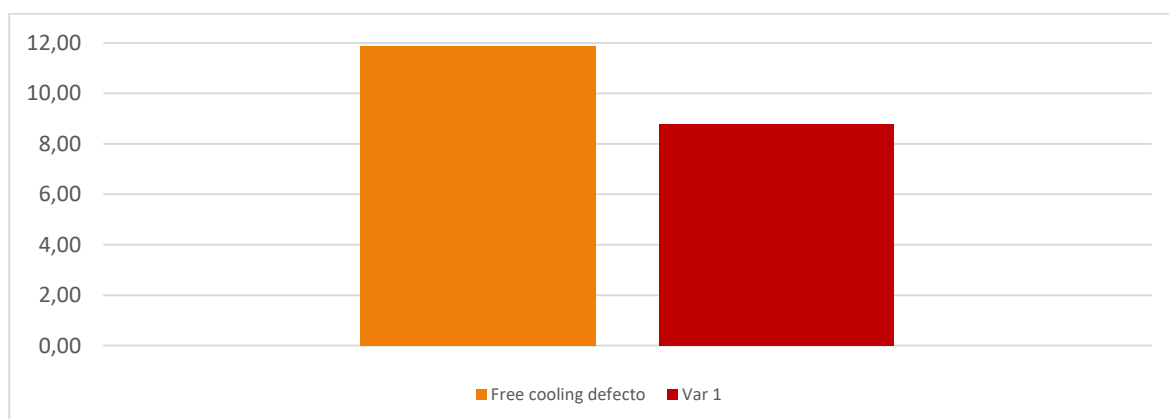
Una vez incorporadas al modelo las soluciones elegidas se tiene un edificio pasivo al que se le realizan correcciones. Al contar con una envolvente térmica definitiva se puede realizar un análisis numérico de los puentes térmicos, corrigiéndose manualmente los elementos no detectados correctamente.

Gráfico 6.47. Simulaciones de los puentes térmicos del modelo 06, demanda anual en kWh/m²-año



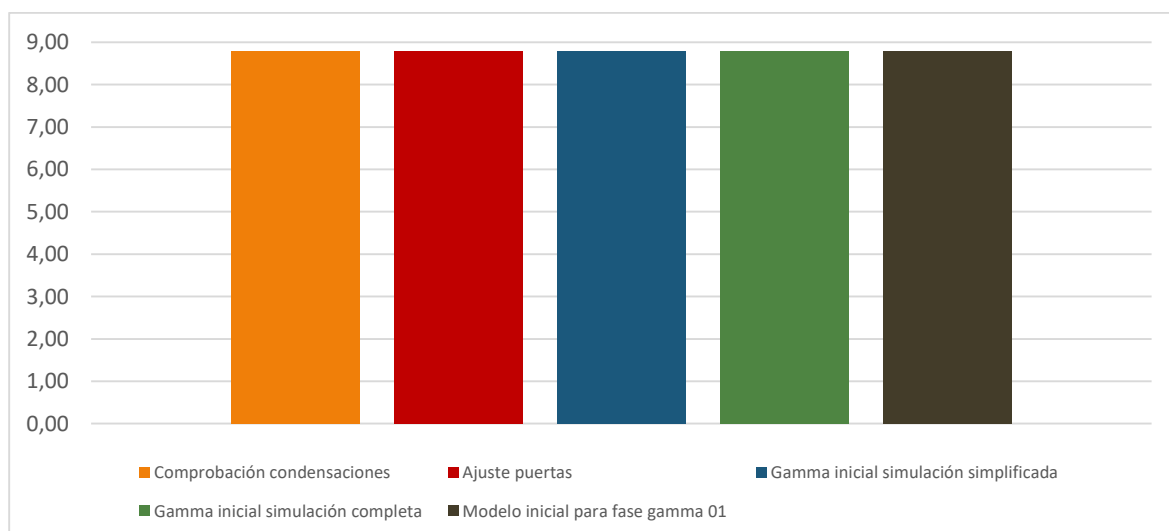
Se simula la utilización de free cooling.

Gráfico 6.48. Simulaciones de free cooling del modelo 06, demanda anual en kWh/m²-año



Se realizan las simulaciones finales.

Gráfico 6.49. Simulaciones de ajuste finales del modelo 06, demanda anual en kWh/m²-año





6.8.1. Descripción de los resultados del modelo 06 pasivo

Finalmente se obtiene el modelo 06 final pasivo. En las tablas y figuras de esta sección pueden observarse los resultados de los diferentes aportes y flujos térmicos del edificio, mensuales y anuales, así como la demanda final de verano e invierno del modelo.

Tabla 6.7. Resultados del modelo 06 pasivo

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año	
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/año)	(kWh/m ² año)
Q_{op}	1281,5	1240	1671,1	1594,2	3502,4	3340,6	3148,9	3209,9	2943,2	2993	1296,5	1297,8	-18487,79	-26,68
	-5270,5	-4524	-4810,5	-4431,6	-4756,5	-2128,1	-1957,1	-1982,8	-2187,8	-4911,1	-4302,5	-4744,4		
Q_w	2887,2	3182,7	3955,5	3700,3	4165,6	565,6	677,8	624,8	491,3	4161,4	3288,2	2693,4	26672,68	38,49
	-527,1	-436,3	-461,7	-373,4	-254,8	-101,2	-86,4	-96,9	-108	-289,5	-458,3	-527,6		
Q_{ve+inf}	562,2	489,9	576	529,4	645,9	961,8	1219,2	1250	1072,8	735,9	556,4	540,3	-25944,56	-37,44
	-1977,1	-1808,6	-2279,4	-2134,1	-4273,8	-4003,5	-3805,7	-3852,6	-3506,6	-3664,8	-1848,3	-1929,7		
Q_{equip}	270,7	238,3	265,3	249,1	270,7	254,5	259,9	270,7	243,7	270,7	259,9	254,5	3108,15	4,48
Q_{ilum}	828,8	729,4	812,2	762,5	828,8	779,1	795,7	828,8	745,9	828,8	795,7	779,1	9514,84	13,73
Q_{ocup}	360,1	316,9	352,9	331,3	360,1	338,5	345,7	360,1	324,1	360,1	345,7	338,5	4134,47	5,97
Q_H	1650,8	641,3	10,7	1,1	0	27,3	0	0	5,1	8,7	142,5	1340	3827,58	5,52
Q_C	0	0	-13	-136,4	-405,4	-10,9	-585	-629,4	-28,1	-452,3	-16,2	0	-2276,52	-3,28
Q_{HC}	1650,8	641,3	23,7	137,5	405,4	38,2	585	629,4	33,2	461	158,6	1340	6104,1	8,81

Q_{op} : Transferencia de energía correspondiente a la transmisión térmica a través de elementos pesados en contacto con el exterior, kWh/m²año,

Q_w : Transferencia de energía correspondiente a la transmisión térmica a través de elementos ligeros en contacto con el exterior, kWh/m²año,

Q_{ve+inf} : Transferencia de energía correspondiente a la transmisión térmica por ventilación, kWh/m²año,

Q_{equip} : Transferencia de energía correspondiente a la ganancia interna de calor debida al equipamiento interno, kWh/m²año,

Q_{ilum} : Transferencia de energía correspondiente a la ganancia interna de calor debida a la iluminación, kWh/m²año,

Q_{ocup} : Transferencia de energía correspondiente a la ganancia interna de calor debida a la ocupación, kWh/m²año,

Q_H : Energía aportada de calefacción, kWh/m²año,

Q_C : Energía aportada de refrigeración, kWh/m²año,

Q_{HC} : Energía aportada de calefacción y refrigeración, kWh/m²año,

Gráfico 6.50. Demanda energética anual por elemento del modelo 06, demanda anual en kWh/m²-año

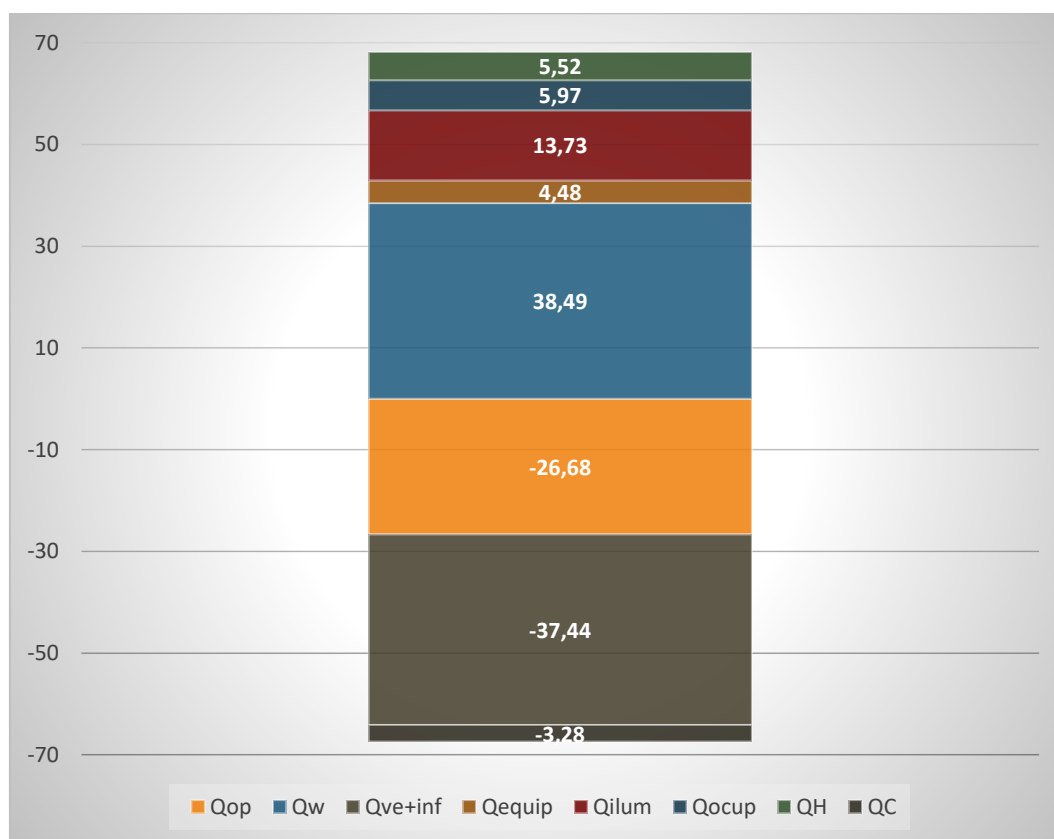


Gráfico 6.51. Demanda energética anual del modelo 06, demanda anual en kWh/m²-año

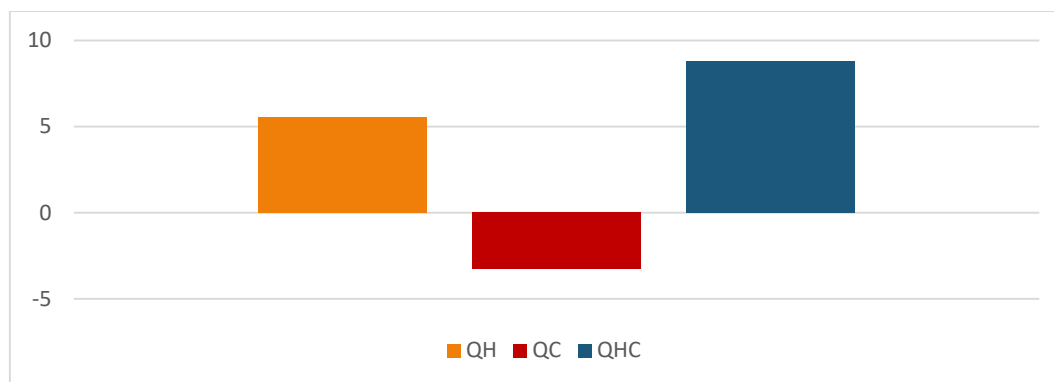


Gráfico 6.52. Demanda energética del modelo 06

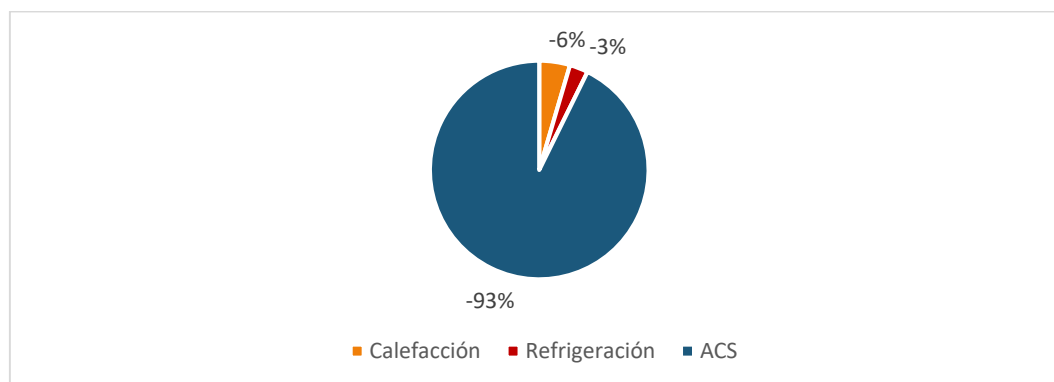
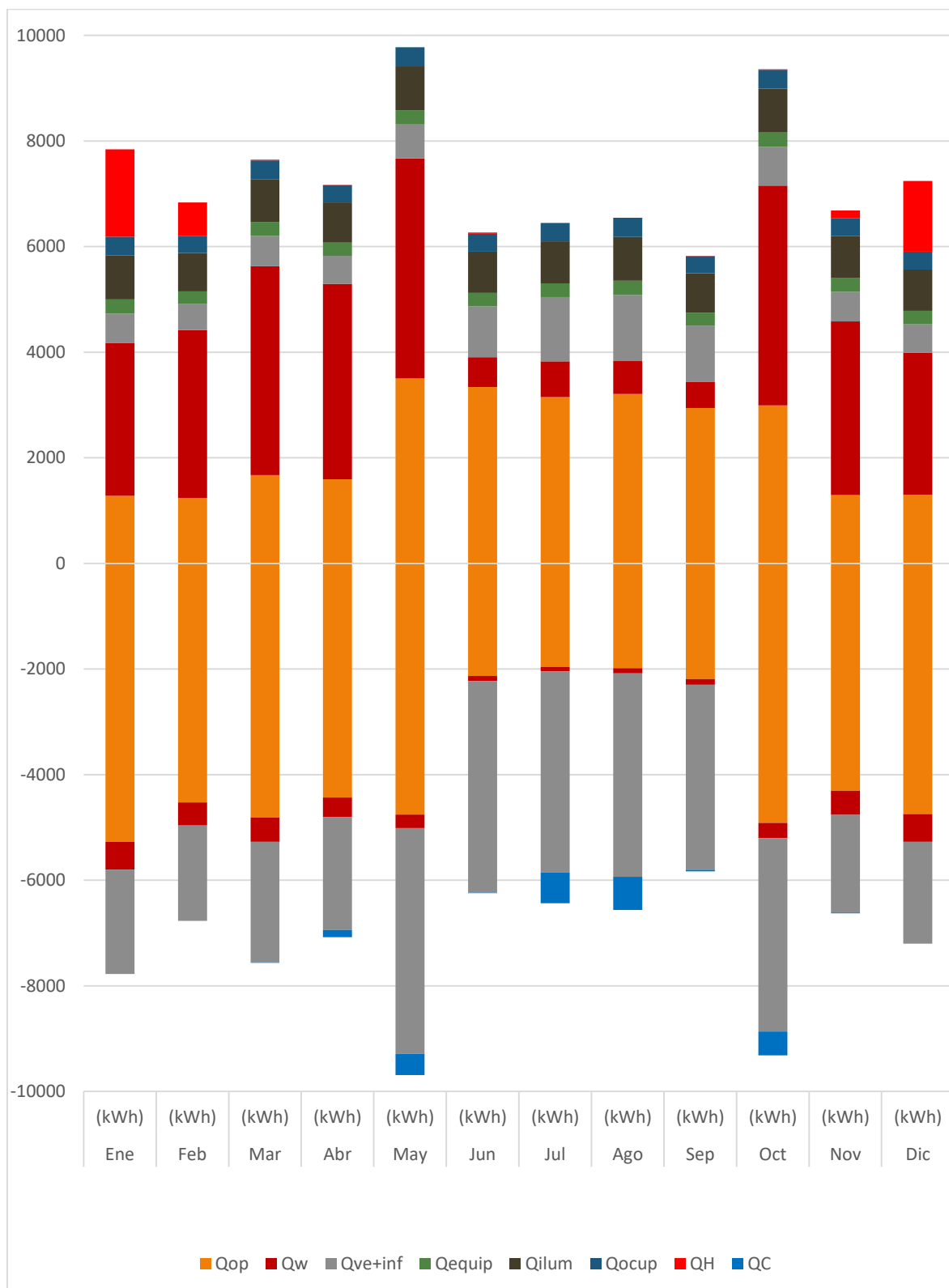




Gráfico 6.53. Demanda energética mensual del modelo 06 en kWh







7. Descripción de las simulaciones: Fase GAMMA



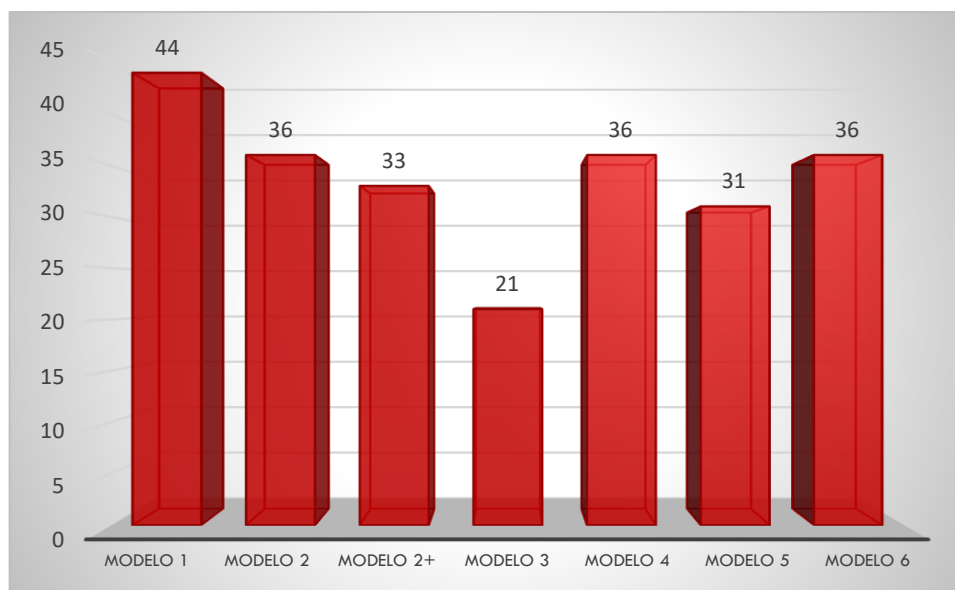


7.1. Descripción de la fase GAMMA

En el presente capítulo se describen las simulaciones realizadas dentro de la fase GAMMA. En la fase, partiendo del modelo pasivo final o modelo inicial de la fase GAMMA (m0Xc_gamma), se evalúa el consumo de energía primaria no renovable de diferentes sistemas de climatización y generación de ACS.

Se realizaron un total de 237 simulaciones repartidas en función de los modelos según lo indicado en el Gráfico 7.1.

Gráfico 7.1. Simulaciones de la fase GAMMA según modelo



Las categorías y subcategorías de simulación empleadas en la fase GAMMA se recogen a continuación.

- Modelos iniciales.
- Rendimiento de instalaciones de climatización.
 - Aire-aire / Hyperinverter.
 - Aire-agua / Aerotermia.
 - Tierra-agua / Geotérmica.
 - VRV.
 - Biomasa.
 - Otras instalaciones de calefacción.
 - Otras instalaciones de refrigeración.
- Rendimiento de instalaciones de ACS.
- Renovables.
 - Solar Térmica.
 - Generación eléctrica.

Se introduce el funcionamiento de la fase en la descripción de su aplicación en el modelo 01 y en el resto de modelos se muestran sus resultados y variaciones con respecto a lo aplicado en el primer modelo.

7.2. Fase GAMMA del modelo 01

La fase GAMMA comienza con la simulación de una serie de modelos base empleados como referencia para cuantificar los ahorros en el consumo energético obtenidos con la aplicación de la metodología. Geométricamente idénticos al modelo MISA inicial, se realizan las siguientes simulaciones mediante Cypecad MEP:

- Una primera simulación emplea el modelo MISA de la fase ALFA para evaluar el desempeño de instalaciones de baja eficiencia energética. Para ello se modelan instalaciones de calefacción y generación de ACS mediante una caldera eléctrica y de refrigeración mediante un equipo de expansión directa de rendimiento estándar.
- Mediante la segunda simulación se evalúan sobre el modelo MISA los sistemas de referencia indicados en la tabla 2.2 del CTE DB HE 0. Las instalaciones de calefacción y la generación de ACS emplean como vector energético el gas natural con un rendimiento medio estacional de 0,9. Para la refrigeración se cuenta como vector energético con la electricidad en un sistema de expansión directa y un rendimiento medio estacional de 2.
- La tercera simulación utiliza el modelo obtenido en las simulaciones previas de la fase ALFA para cumplir las condiciones de limitación de la demanda de energía HE 1 del Código Técnico de Edificación, sobre el que se evalúan los sistemas de referencia indicados.
- Finalmente, la cuarta simulación (m0Xc_gamma) emplea el modelo de edificio pasivo final de la fase BETA sobre el cual se evalúan los sistemas de referencia.

Se emplea la cuarta simulación como línea base de referencia para la fase y presenta un consumo energético de energía primaria no renovable ($C_{ep, nr}$), en este primer modelo, de 31,15 kWh / (m²·año) (Gráfico 7.2). En todos los casos, cuando se realiza una simulación se varían solo los parámetros necesarios para caracterizar la instalación correspondiente, quedando el resto definidos por los sistemas de referencia. Por ejemplo, cuando se evalúa una bomba de calor para refrigeración, en la calefacción y la generación de ACS se emplean las instalaciones de m01c_gamma.

En todas las simulaciones se considera el vector originario de la energía empleada mediante los factores de conversión de energía final a energía primaria procedente de fuentes no renovables, correspondientes a cada energía y actualizados por el IDAE y el Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital. De este modo se incorporan al cálculo los efectos reales en el medio ambiente de la producción de la energía, determinando de forma más efectiva el grado de sostenibilidad de las soluciones finalmente escogidas en la fase DELTA. Por ejemplo, en las simulaciones realizadas, la biomasa en forma de pellets incorpora emisiones de CO₂ y es, en parte, considerada como energía primaria no renovable, puesto que la producción y transporte de los pellets requiere un gasto energético que de esta forma se ve reflejado.

Las instalaciones han sido verificadas en el módulo de cálculo de climatización de Cypecad MEP (empleando un análisis de la carga térmica de la construcción basado en el motor de cálculo de EnergyPlus), de modo, que los equipos generadores (calderas, bombas de calor, paneles solares térmicos, etc.) son capaces de cubrir las demandas de ACS y climatización de los modelos.

En la primera categoría de simulaciones se evalúa el consumo de las instalaciones de climatización basadas en sistemas hyperinverter en el modelo pasivo. Estos sistemas son bombas de calor aire-aire de alta eficiencia, alcanzando los equipos de pequeña potencia rendimientos estacionales SEER y SCOP superiores a 6. Su principio de funcionamiento



se encuentra, al igual que en otras bombas de calor, en el desplazamiento de un flujo térmico entre el interior y el exterior del edificio. Para ello se emplea un fluido refrigerante sobre el que se ejercen cambios en su presión y temperatura, realizando un ciclo termodinámico completo. A lo largo del ciclo el balance entre la energía empleada y la obtenida, mediante el transporte del flujo de calor, es netamente positivo. El transporte de energía térmica se realiza entre dos focos, el frío y el caliente. En función de la naturaleza de los focos se catalogan las bombas de calor. En las bombas de calor aire-aire el intercambio se realiza entre el aire exterior e interior del edificio, en las bombas aire-agua se intercambia calor entre el aire exterior del edificio y el agua de un circuito de tuberías en el interior, en las bombas de calor tierra-agua se intercambia calor entre el terreno circundante al edificio y el agua de un circuito, etc.

Se han realizado simulaciones que recogen diferentes casuísticas, la utilización del sistema solo para refrigeración y su uso para refrigeración y calefacción. Se realizan los dos tipos de simulaciones caracterizando el rendimiento de la máquina térmica considerando tanto los valores de EER y COP, como los de SEER y SCOP.

Con la simulación de climatización y utilizando los indicadores estacionales el consumo final de energía primaria no renovable alcanza un valor de 19,79 kWh / (m²-año) (Gráfico 7.3). Es necesario destacar que en ese valor se encuentra recogido el consumo de la generación de ACS mediante una caldera de gas (sistema de referencia). El valor, a pesar de lo indicado, debería ser inferior, esto es debido a que Cypecad MEP (en su versión 2017 g) no es capaz de simular de forma adecuada máquinas térmicas con rendimientos superiores a 6. Este motivo, entre otros ya indicados en fases anteriores, corrobora el mayor grado de exactitud de las simulaciones realizadas con EnergyPlus.

Los sistemas aerotérmicos, enfriadoras o bombas de calor aire-agua son especialmente versátiles y pueden emplearse, en función de su tamaño, en prácticamente todo tipo de edificios. Se utilizan en los 7 modelos de la Tesis Doctoral ajustándose los parámetros de rendimiento de la instalación en función de la demanda requerida por el edificio. Los sistemas aerotérmicos pueden emplearse además para la generación de agua caliente sanitaria, en solitario o en combinación con otros equipos. En esta categoría se han contemplado los siguientes casos: solo refrigeración, refrigeración y calefacción y, por último, refrigeración, calefacción y ACS. En la caracterización de las propiedades de los sistemas se emplean valores de EER y COP por un lado y de SEER y SCOP por otro. La simulación más favorable es la que satisface las demandas de la climatización completa y el ACS, empleando aerotermia definiendo los equipos mediante el SEER y el SCOP, en el caso indicado el consumo de energía primaria no renovable disminuye alcanzando un valor de $C_{ep, nr} = 11,92$ kWh / (m²-año) (Gráfico 7.4).

La siguiente categoría se emplea para evaluar el desempeño de las bombas de calor geotérmicas (tierra-agua). Estos equipos cuentan con los valores de rendimiento estacional más elevados de entre los sistemas empleados en las simulaciones de la Tesis Doctoral (pueden alcanzar valores de SEER cercanos a 7). Como se ha indicado, estos equipos presentan un funcionamiento análogo al resto de las bombas de calor diferenciándose al realizar el intercambio térmico con el exterior mediante un serpentín enterrado por el que circula una combinación de agua con fluido anticongelante. Se realizan simulaciones para la calefacción, refrigeración y generación de ACS, empleando por un lado los valores de EER y COP y, por otro, de SEER y SCOP. El uso de la bomba de calor geotérmica en la simulación más completa tiene un $C_{ep, nr}$ de 11,24 kWh / (m²-año) (Gráfico 7.5).

Las modernas instalaciones de calderas de biomasa (sin considerar aquellas alimentadas por leña, ni pequeñas estufas utilizadas únicamente para calentar una estancia, etc.) son

empleadas en el ámbito de la edificación para la calefacción y la generación de ACS, por separado o híbridadas con otras instalaciones como la solar térmica. En el estudio se analiza el desempeño de calderas de pellets y astillas alimentadas mediante mecanismos automáticos. Este tipo de sistema se evalúa para calefacción y para calefacción y generación de ACS conjunta, considerando por separado las calderas de astillas y de pellets al contar con diferente factor de conversión de energía final a energía primaria procedente de fuentes no renovables. Se alcanzan los resultados más bajos de consumo ($C_{ep, nr} = 10,91 \text{ kWh} / (\text{m}^2 \cdot \text{año})$) debido, principalmente, al peso de la demanda de ACS en el total de la demanda (Gráfico 7.6). En todos los casos de la categoría la refrigeración viene suministrada por el sistema de referencia de vector eléctrico.

Se estudian, además, la calefacción y la generación de ACS mediante una serie de simulaciones que recurren al uso de instalaciones con importantes emisiones de dióxido de carbono incorporadas. En la actualidad, en un número importante de edificios en España dichas instalaciones están basadas en calderas de combustibles fósiles (calderas de gasóleo o de gas) o con rendimientos muy bajos como las calderas eléctricas. En todos los casos los resultados son más desfavorables que cualquiera de las otras soluciones contempladas (Gráfico 7.7).

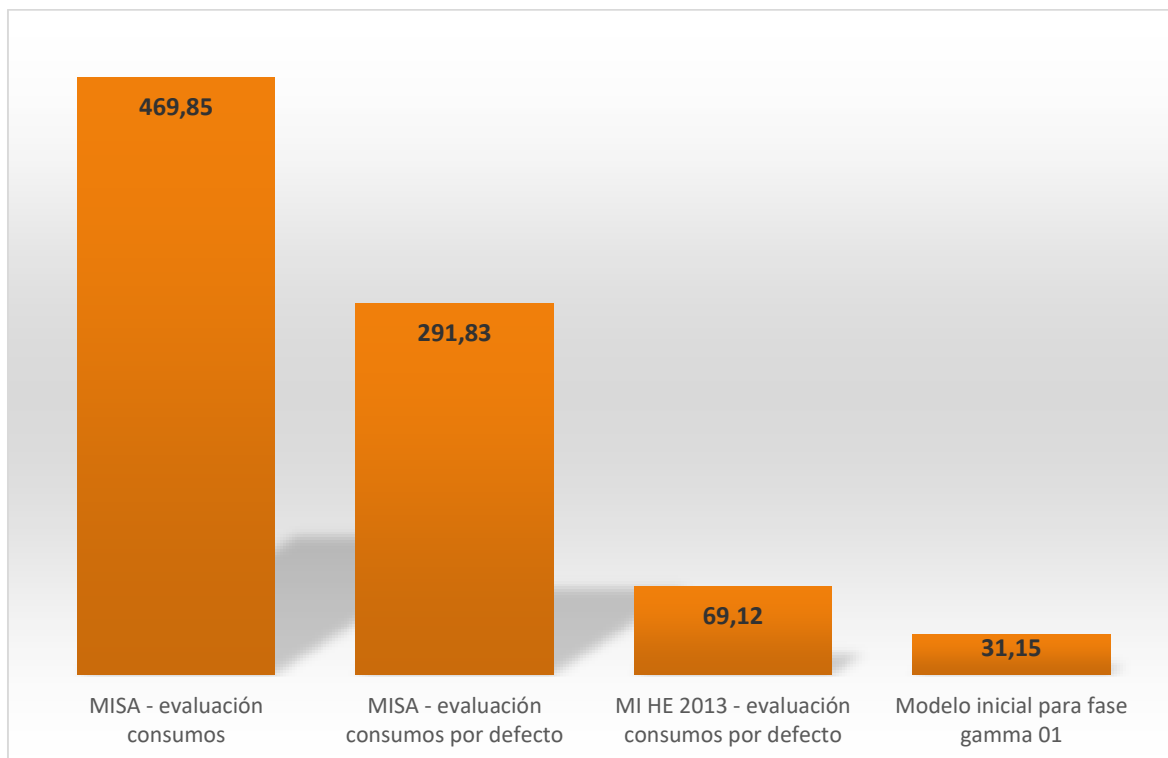
La última de las categorías de la fase se emplea en la simulación de diferentes porcentajes de aporte de energía solar térmica a la generación de ACS. En las simulaciones la energía no obtenida de la solar térmica es aportada por el sistema de referencia (gas natural) (Gráfico 7.8).

En los siguientes apartados pueden observarse los gráficos que representan las simulaciones de la fase GAMMA del modelo 01 y en el Anexo se recogen de forma resumida.



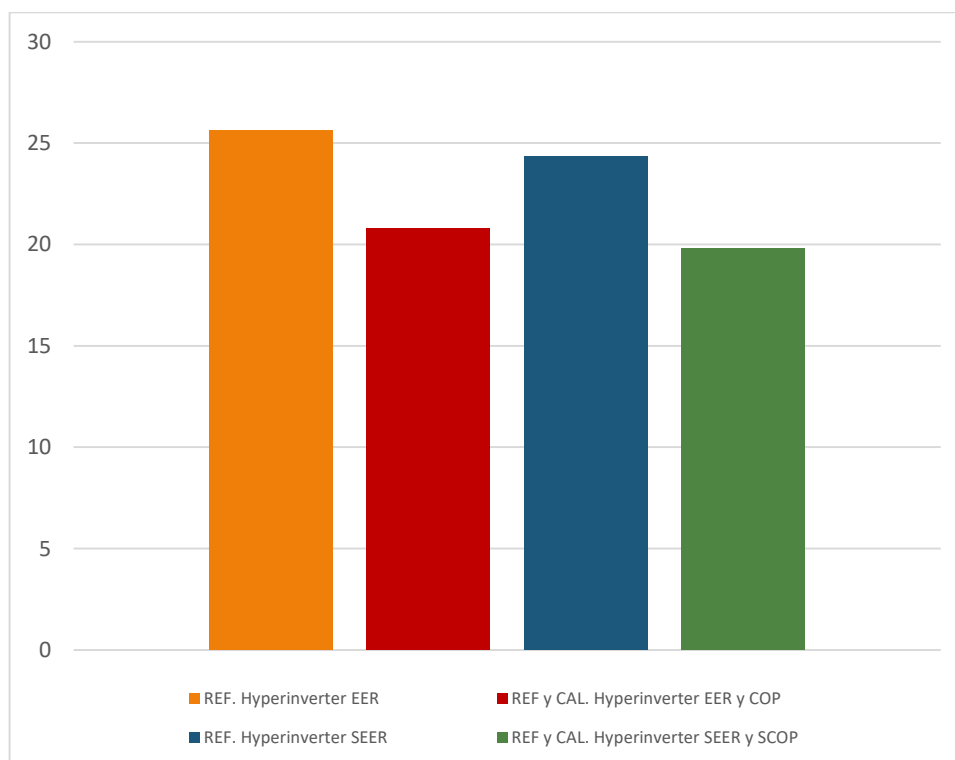
7.2.1. Simulaciones Base – m01c0B

Gráfico 7.2. Simulaciones iniciales de la fase gamma del modelo 01, $C_{ep,nr}$ en kWh/m²·año



7.2.2. Simulaciones con Hyperinverter – m01c1201

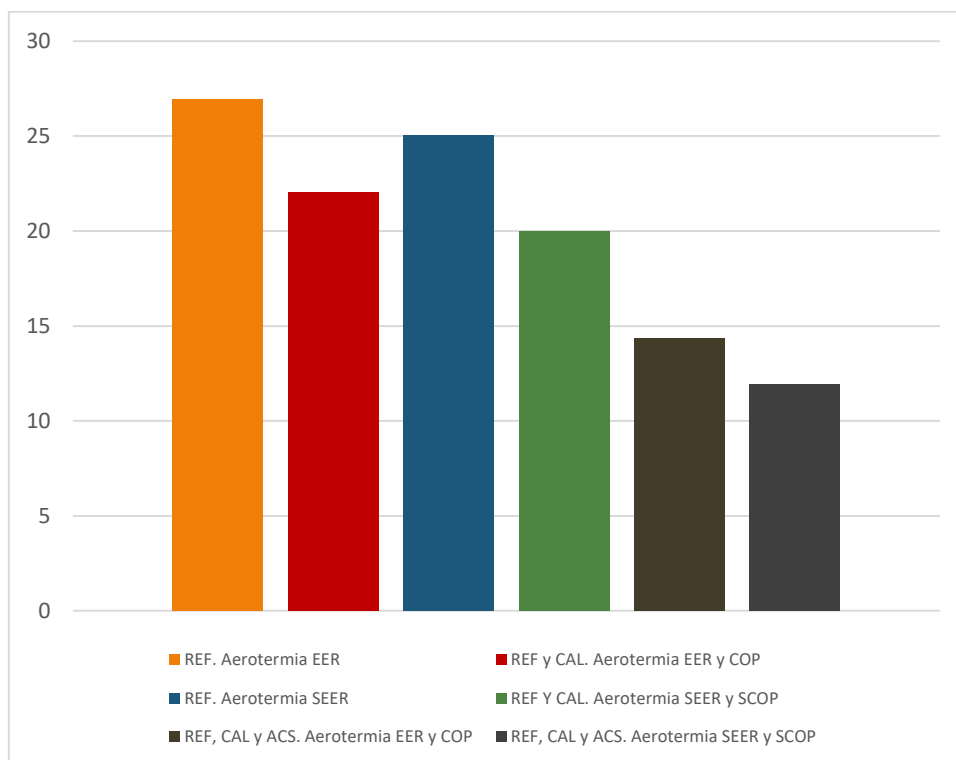
Gráfico 7.3. Simulaciones de climatización aire - aire del modelo 01, $C_{ep,nr}$ en kWh/m²·año





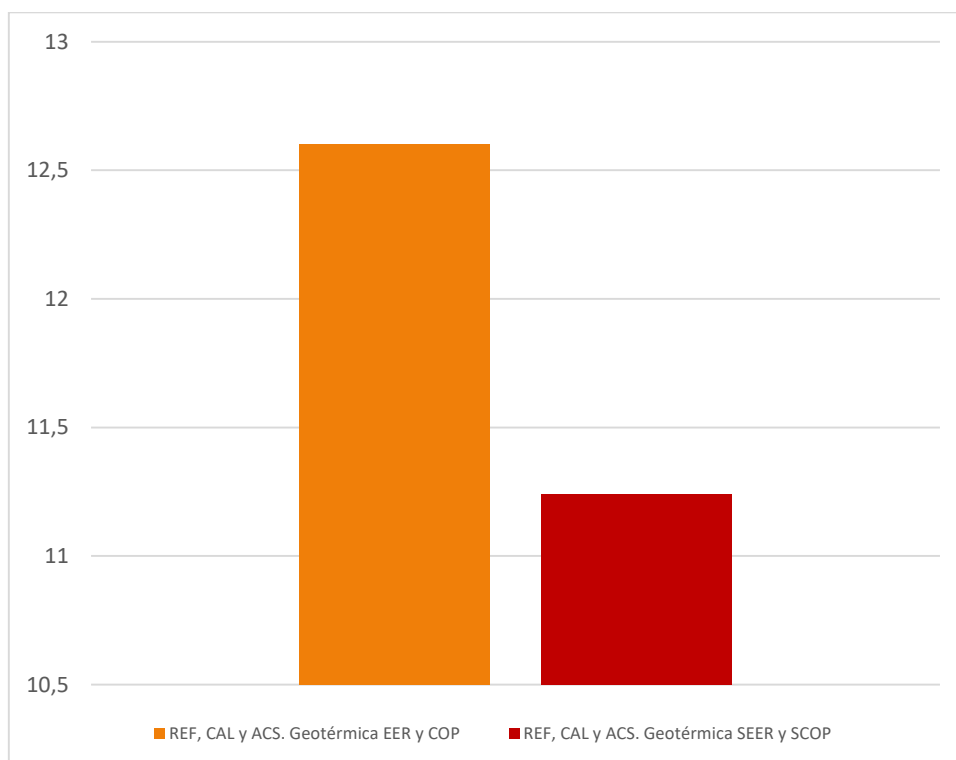
7.2.3. Simulaciones con Aerotermia – m01c1202

Gráfico 7.4. Simulaciones de climatización aire - agua / aerotermia del modelo 01, $C_{ep,nr}$ en kWh/m²·año



7.2.4. Simulaciones con Geotermia – m01c1203

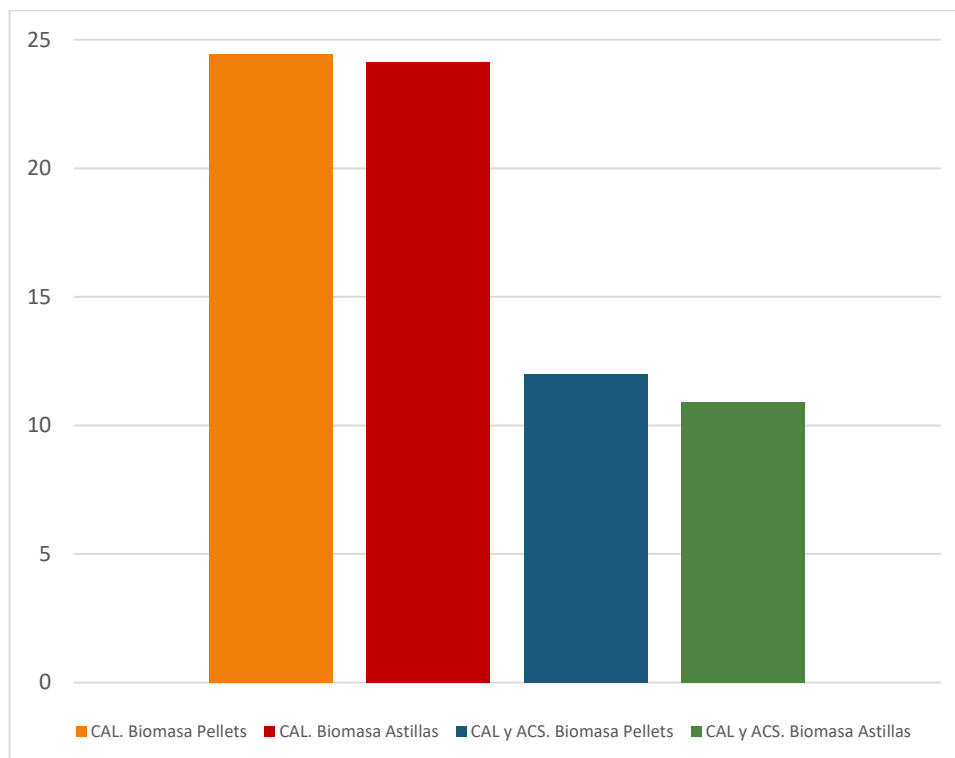
Gráfico 7.5. Simulaciones de climatización tierra - agua / geotérmica del modelo 01, $C_{ep,nr}$ en kWh/m²·año





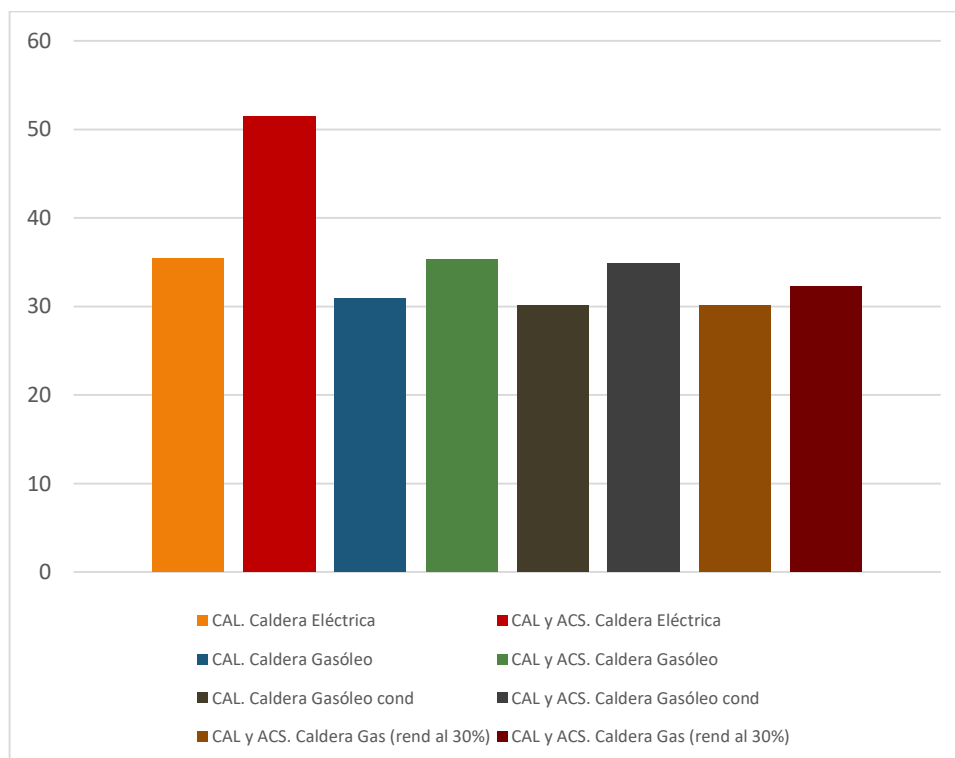
7.2.5. Simulaciones con Biomasa – m01c1205

Gráfico 7.6. Simulaciones de rendimiento de instalaciones de calefacción / biomasa del modelo 01, $C_{ep,nr}$ en $kWh/m^2 \cdot año$



7.2.6. Simulaciones con Otros combustibles – m01c1206

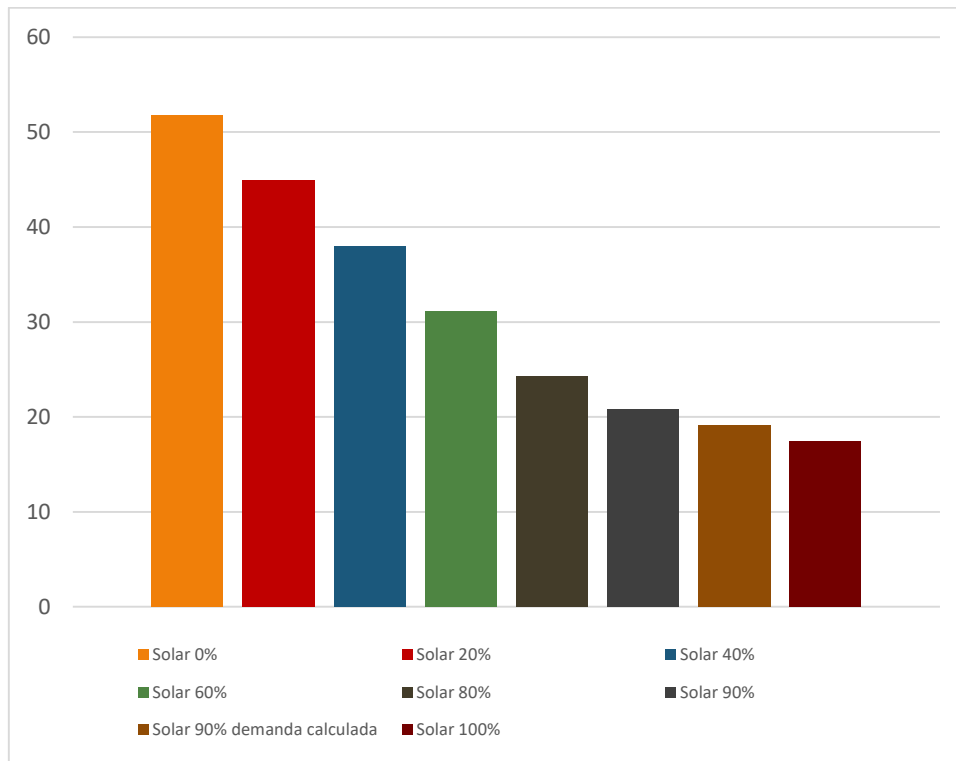
Gráfico 7.7. Simulaciones de rendimiento de instalaciones de calefacción / otras del modelo 01, $C_{ep,nr}$ en $kWh/m^2 \cdot año$





7.2.7. Simulaciones con Solar térmica – m01c1401

Gráfico 7.8. Simulaciones de aporte solar térmica en ACS del modelo 01, $C_{ep,nr}$ en kWh/m²-año





7.3. Fase GAMMA del modelo 02

El procedimiento de simulación es equivalente al empleado en el modelo 01, a excepción de los modelos base donde no se simula el modelo del cumplimiento de CTE HE 2013, no produciéndose ninguna variación en el resto de categorías ni en las simulaciones. Los equipos son los empleados en el modelo 01 habiéndose comprobado previamente que las potencias cumplen con los requisitos de carga térmica, mediante el módulo de climatización de Cypecad MEP.

La simulación base, m02c_gamma, presenta un consumo energético de energía primaria no renovable de 30,1 kWh / (m²·año) (Gráfico 7.9).

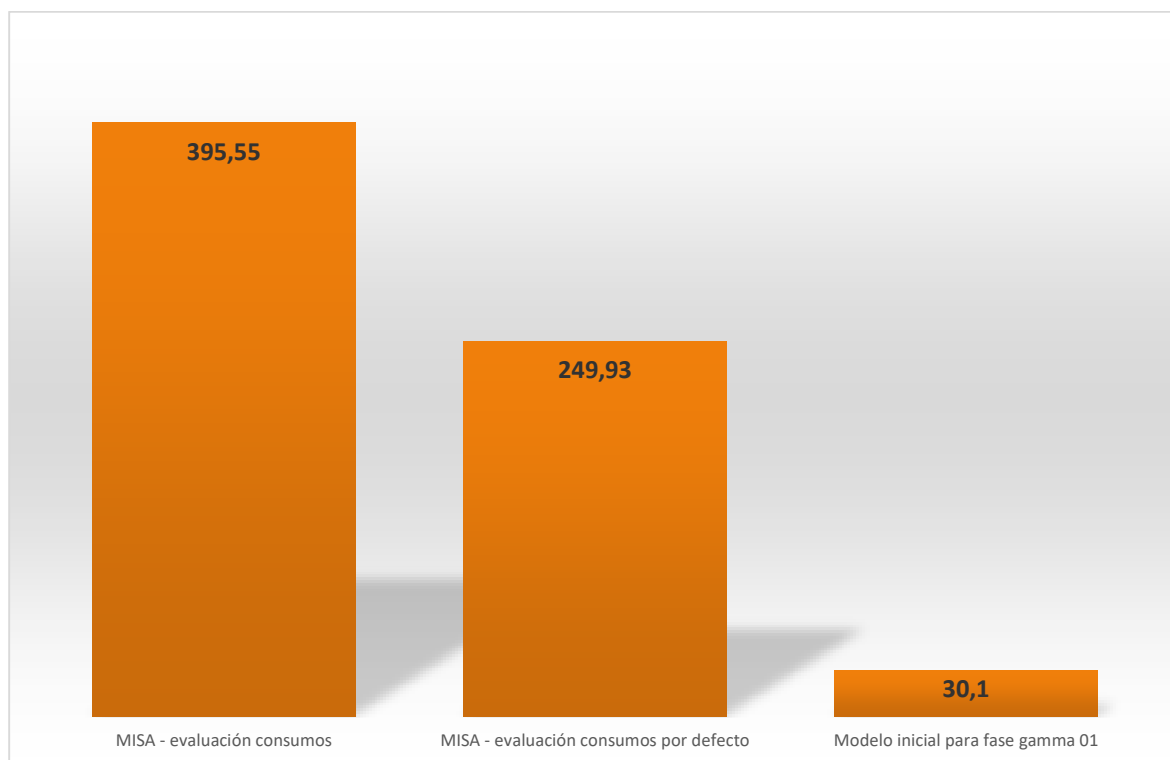
Los principales resultados obtenidos por categoría han sido.

- Las simulaciones de sistemas hyperinverter la simulación de climatización que emplea los indicadores estacionales, el $C_{ep, nr}$ alcanza un valor de 18 kWh / (m²·año) con las mismas limitaciones indicadas para el modelo previo (Gráfico 7.10).
- Para la categoría de sistemas aerotérmicos, el resultado más favorable reduce el $C_{ep, nr}$ hasta un valor de 10,9 kWh / (m²·año) (Gráfico 7.11).
- En la categoría de las bombas de calor geotérmicas la simulación más favorable tiene un $C_{ep, nr}$ de 10,3 kWh / (m²·año) (Gráfico 7.12).
- En las simulaciones con calderas de biomasa se alcanzan un $C_{ep, nr}$ de 10,7 kWh / (m²·año) no siendo en este caso la solución no combinada más eficiente (Gráfico 7.13).
- Las simulaciones de calderas de otros combustibles, generan, en cualquier caso, un consumo muy superior, incluso cuadruplicando los resultados de la geotérmica (Gráfico 7.14).
- Los resultados del aporte del 90% de ACS de solar térmica se traducen en un $C_{ep, nr}$ de 21,4 kWh / (m²·año) alcanzable en la ubicación del edificio mediante una instalación de tres paneles solares térmicos (instalación calculada para el cumplimiento del CTE HE 4 mediante Cypecad MEP en su módulo de cálculo de solar térmica) (Gráfico 7.15).

En los siguientes apartados pueden observarse los gráficos que representan las simulaciones de la fase GAMMA del modelo 02 y en el Anexo se recogen de forma resumida.

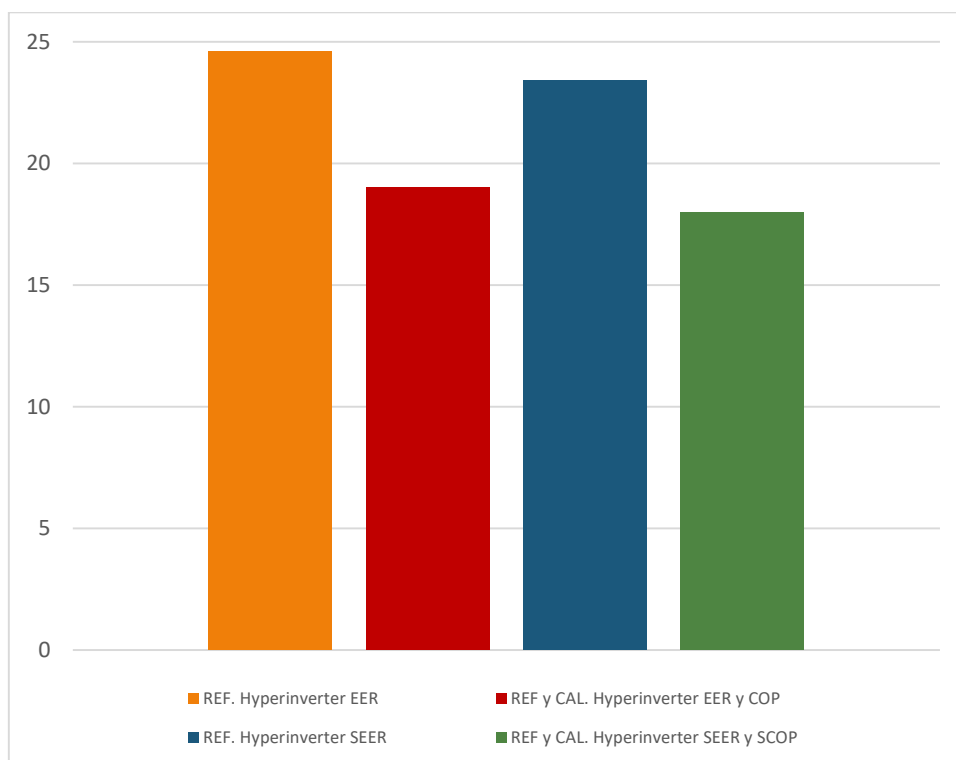
7.3.1. Simulaciones Base – m02c0B

Gráfico 7.9. Simulaciones iniciales de la fase gamma del modelo 02, $C_{ep,nr}$ en kWh/m²·año



7.3.2. Simulaciones con Hyperinverter – m02c1201

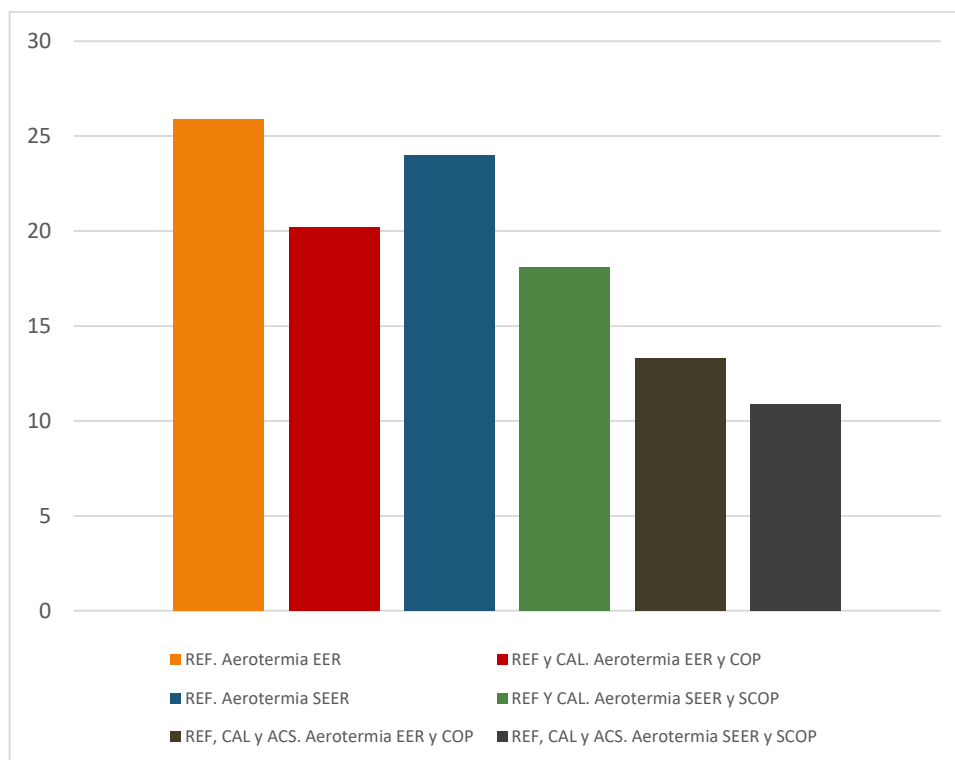
Gráfico 7.10. Simulaciones de climatización aire - aire del modelo 02, $C_{ep,nr}$ en kWh/m²·año





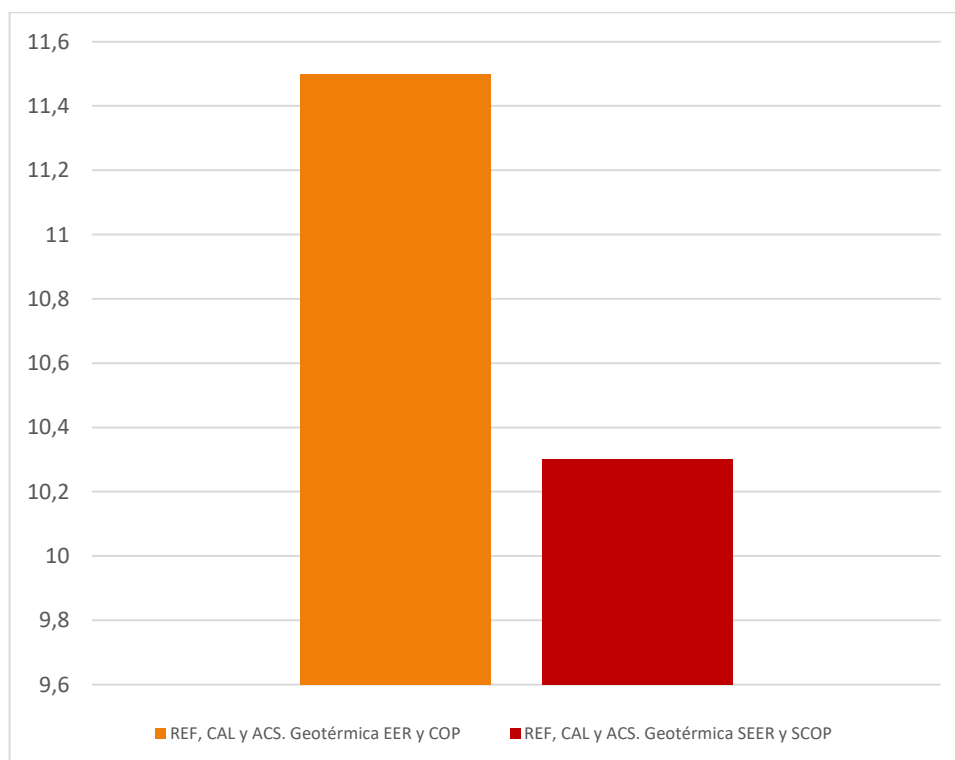
7.3.3. Simulaciones con Aerotermia – m02c1202

Gráfico 7.11. Simulaciones de climatización aire - agua / aerotermia del modelo 02, $C_{ep,nr}$ en kWh/m²-año



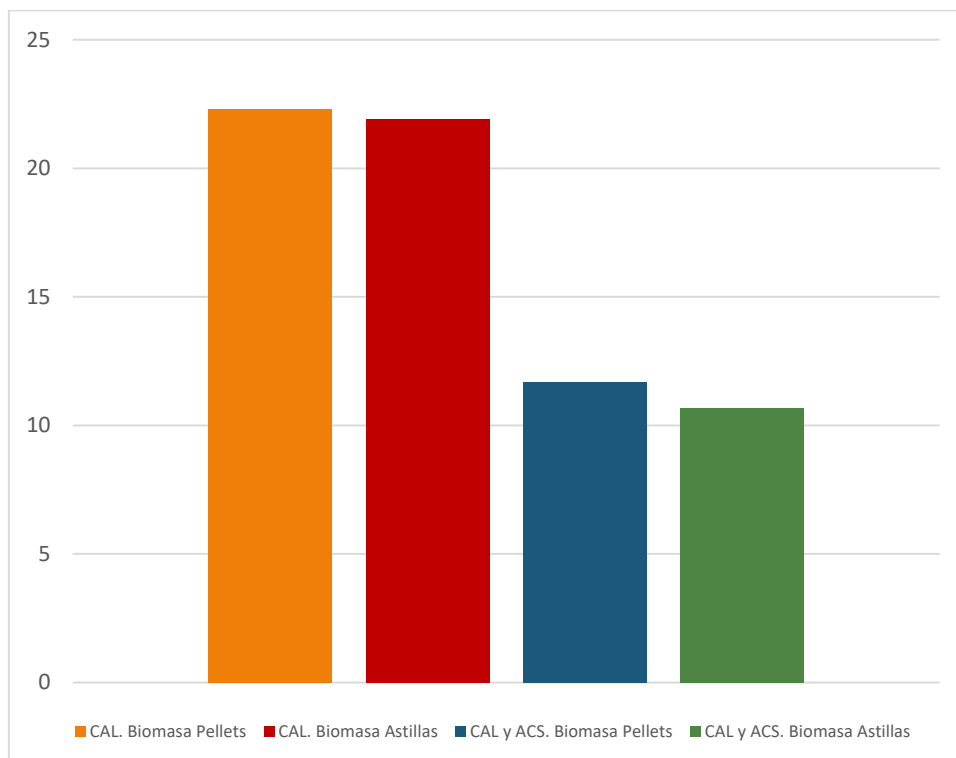
7.3.4. Simulaciones con Geotermia – m02c1203

Gráfico 7.12. Simulaciones de climatización tierra - agua / geotérmica del modelo 02, $C_{ep,nr}$ en kWh/m²-año



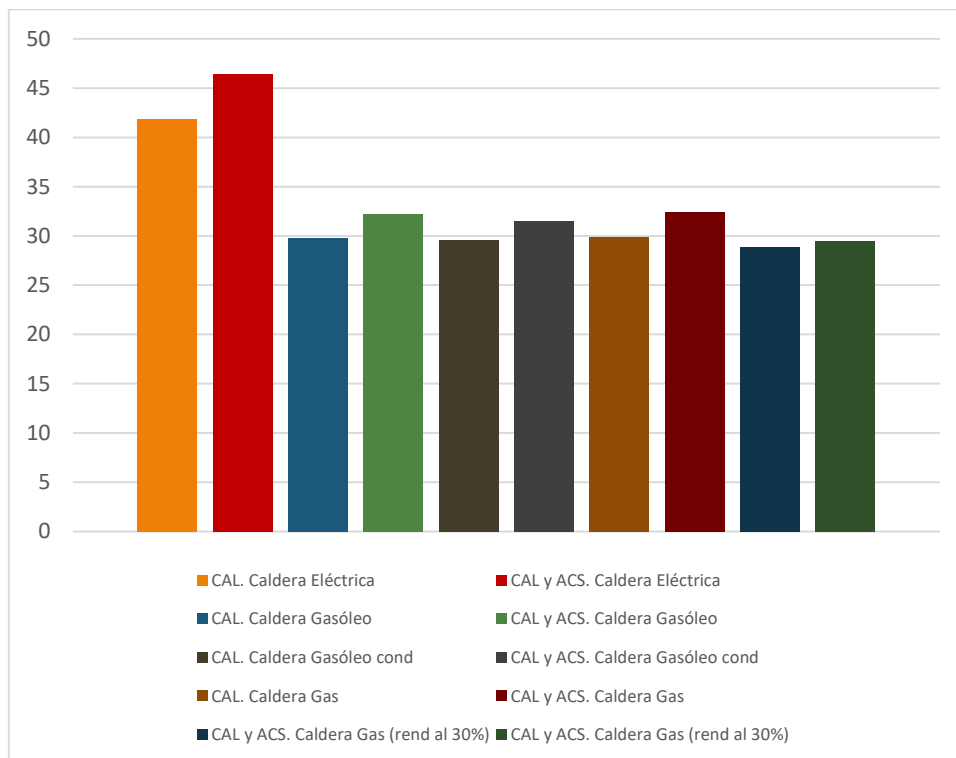
7.3.5. Simulaciones con Biomasa – m02c1205

Gráfico 7.13. Simulaciones de rendimiento de instalaciones de calefacción / biomasa del modelo 02, $C_{ep,nr}$ en kWh/m².año



7.3.6. Simulaciones con Otros combustibles – m02c1206

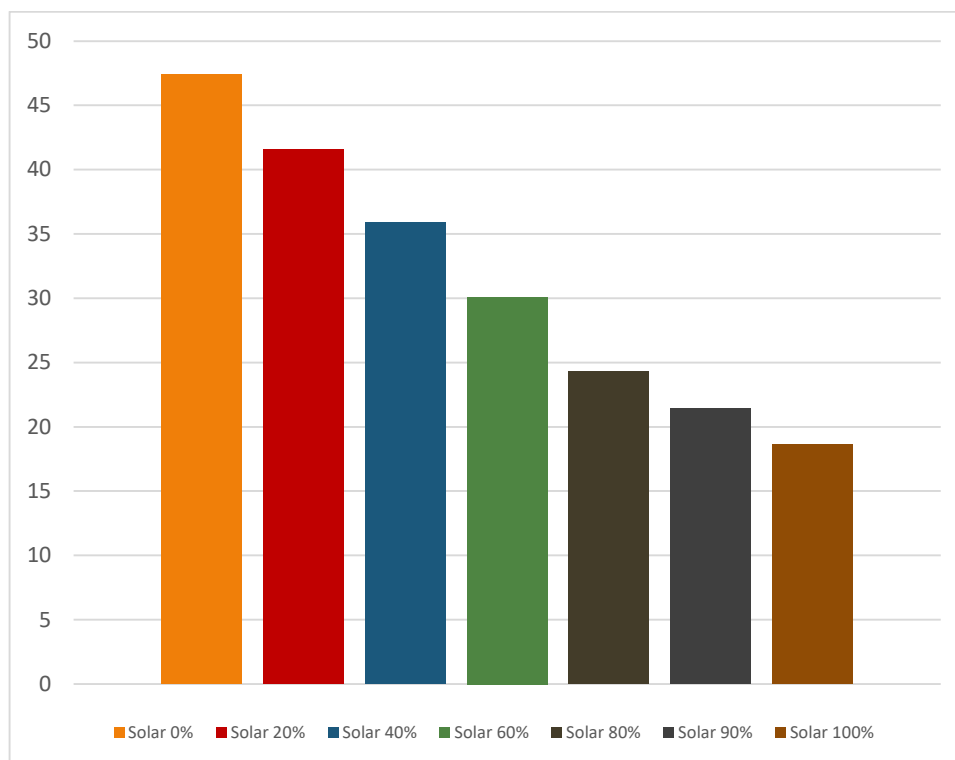
Gráfico 7.14. Simulaciones de rendimiento de instalaciones de calefacción / otras del modelo 02, $C_{ep,nr}$ en kWh/m².año





7.3.7. Simulaciones con Solar térmica – m02c1401

Gráfico 7.15. Simulaciones de aporte solar térmica en ACS del modelo 02, $C_{ep,nr}$ en kWh/m²·año



7.4. Fase GAMMA del modelo 02+

Simulaciones realizadas en Cypetherm Eplus, no produciéndose ninguna variación en los equipos, las categorías ni en las simulaciones (excepto las indicadas) con respecto al modelo 02.

La simulación base, m02+c_gamma, presenta un consumo energético de energía primaria no renovable de 13,1 kWh / (m²·año) (Gráfico 7.16).

Los principales resultados obtenidos por categoría han sido.

- En la evaluación de sistemas hyperinverter la simulación de climatización que emplea los indicadores estacionales, el $C_{ep, nr}$ alcanza un valor de 12,6 kWh / (m²·año) (Gráfico 7.17).
- Para la categoría de sistemas aerotérmicos, el resultado más favorable reduce el $C_{ep, nr}$ hasta un valor de 4,1 kWh / (m²·año) (Gráfico 7.18).
- En la categoría de las bombas de calor geotérmicas la simulación más favorable tiene un $C_{ep, nr}$ de 4 kWh / (m²·año) (Gráfico 7.19).
- En las simulaciones con calderas de biomasa se alcanzan un $C_{ep, nr}$ de 0,8 kWh / (m²·año) (Gráfico 7.20).
- Las simulaciones de calderas de otros combustibles, generan, en cualquier caso, un consumo muy superior (Gráfico 7.21).
- Los resultados con un aporte del 90% de ACS de solar térmica se traducen en un $C_{ep, nr}$ de 3,9 kWh / (m²·año) (Gráfico 7.22).

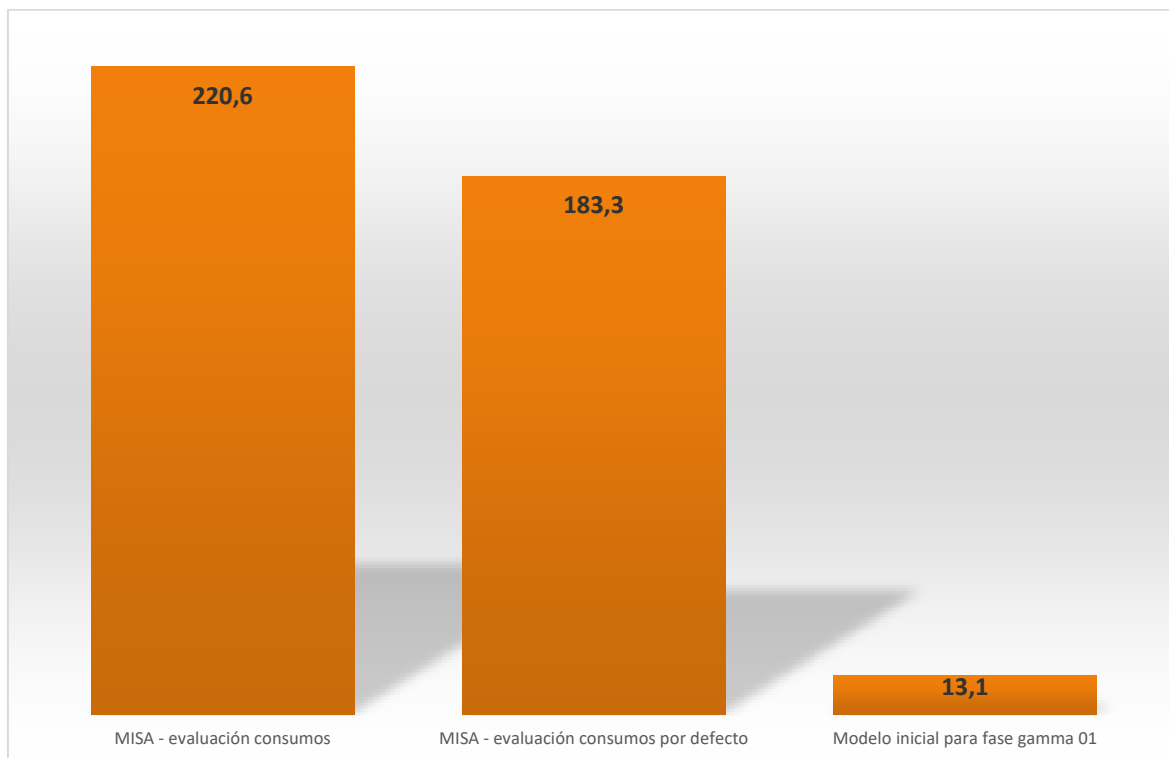
Puede observarse que los resultados son considerablemente menores en comparación con el modelo previo. Con los valores obtenidos es mucho más sencillo incorporar energías renovables, como la fotovoltaica. A modo de ejemplo, empleando únicamente la bomba de calor geotérmica, obteniendo la climatización y generación de ACS, el consumo de toda la vivienda es de 563,6 kWh / año, una cifra fácilmente asumible por diferentes instalaciones generadoras de energía eléctrica.

En los siguientes apartados pueden observarse los gráficos que representan las simulaciones de la fase GAMMA del modelo 02+ y en el Anexo se recogen de forma resumida.



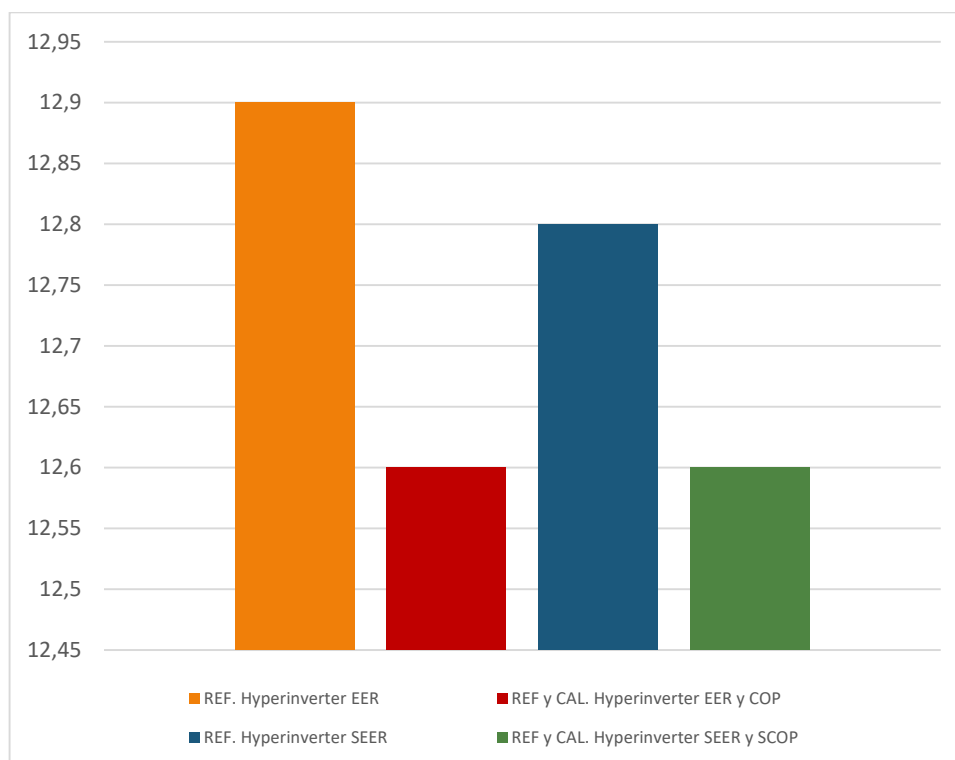
7.4.1. Simulaciones Base – m02+c0B

Gráfico 7.16. Simulaciones iniciales de la fase gamma del modelo 02+, $C_{ep,nr}$ en kWh/m²·año



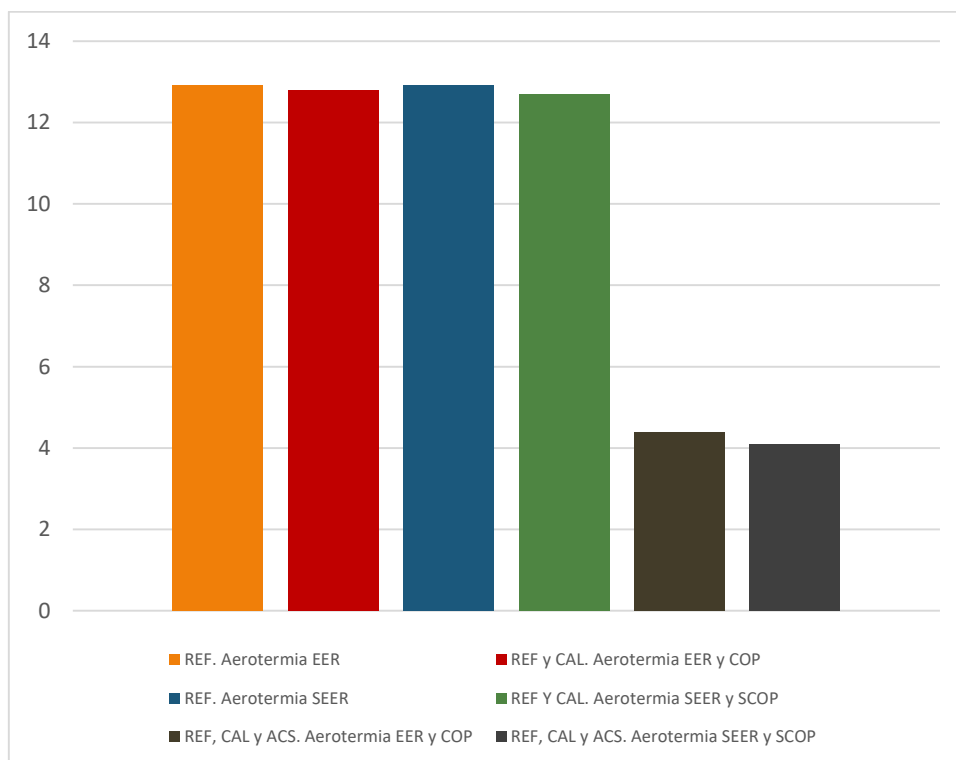
7.4.2. Simulaciones con Hyperinverter – m02+c1201

Gráfico 7.17. Simulaciones de climatización aire - aire del modelo 02+, $C_{ep,nr}$ en kWh/m²·año



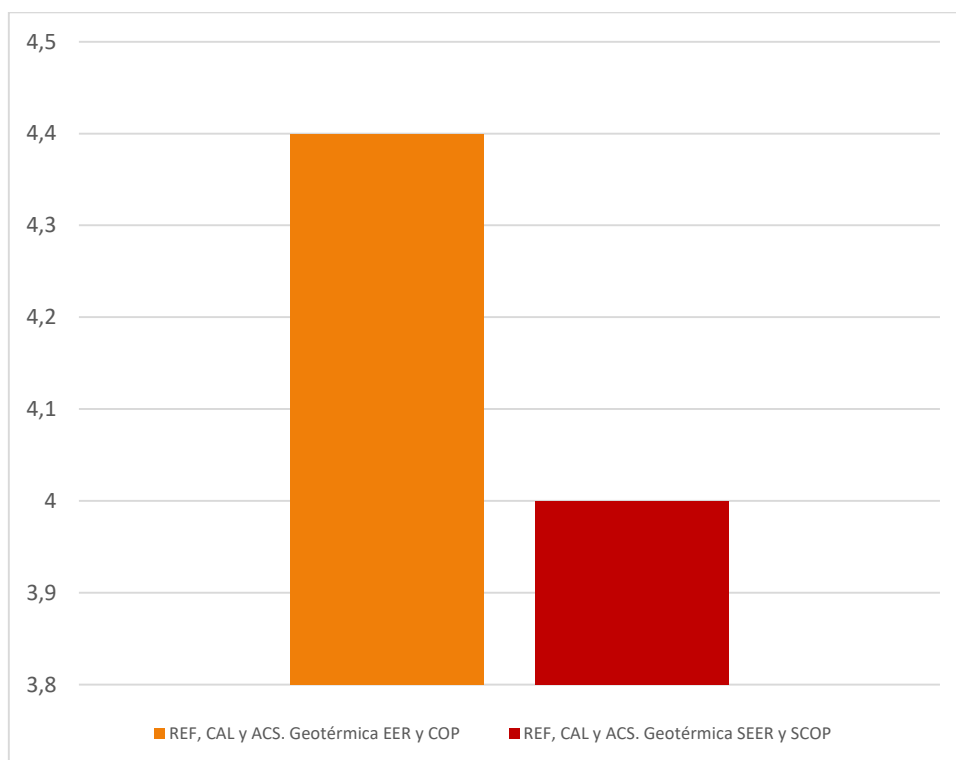
7.4.3. Simulaciones con Aerotermia – m02+c1202

Gráfico 7.18. Simulaciones de climatización aire - agua / aerotermia del modelo 02+, $C_{ep,nr}$ en kWh/m²·año



7.4.4. Simulaciones con Geotermia – m02+c1203

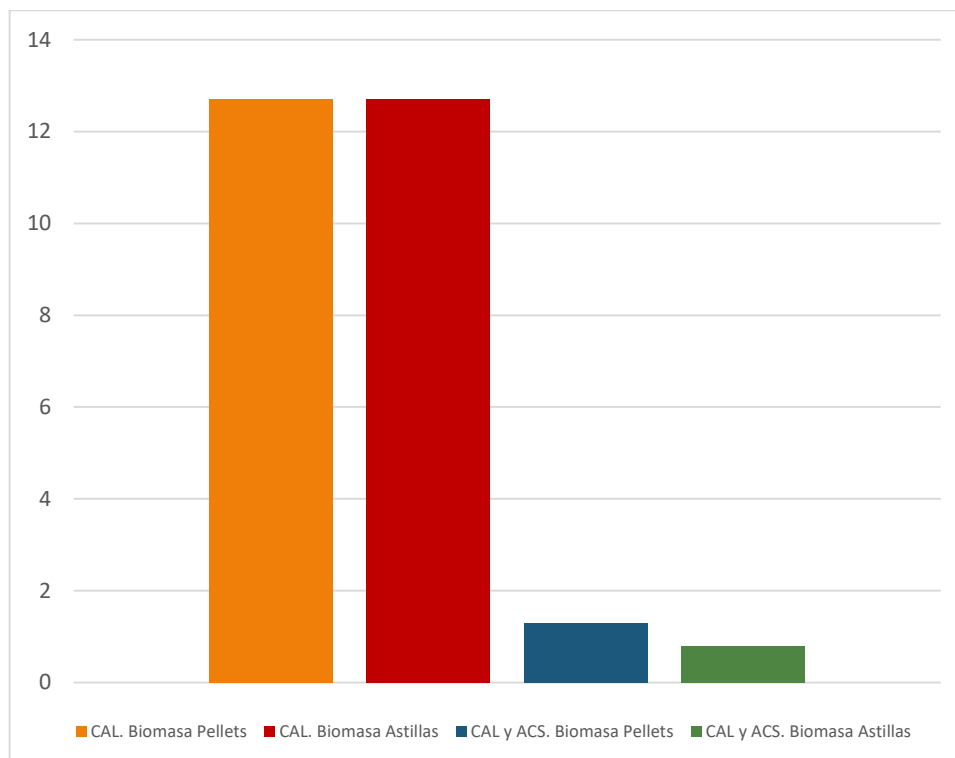
Gráfico 7.19. Simulaciones de climatización tierra - agua / geotérmica del modelo 02+, $C_{ep,nr}$ en kWh/m²·año





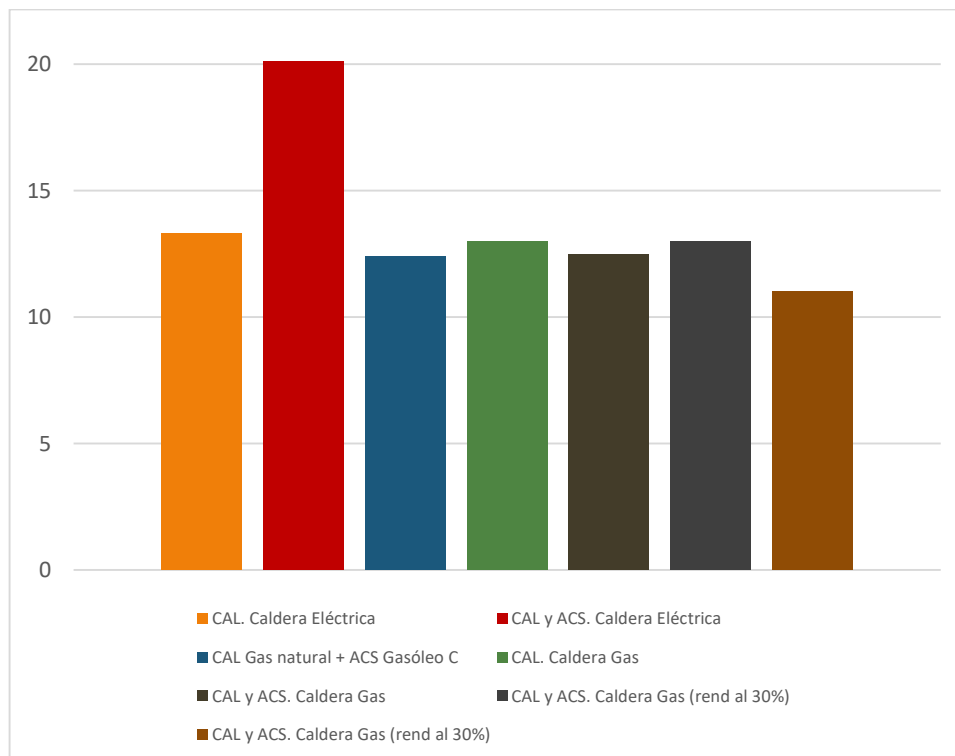
7.4.5. Simulaciones con Biomasa – m02+c1205

Gráfico 7.20. Simulaciones de rendimiento de instalaciones de calefacción / biomasa del modelo 02+, $C_{ep,nr}$ en kWh/m².año



7.4.6. Simulaciones con Otros combustibles – m02+c1206

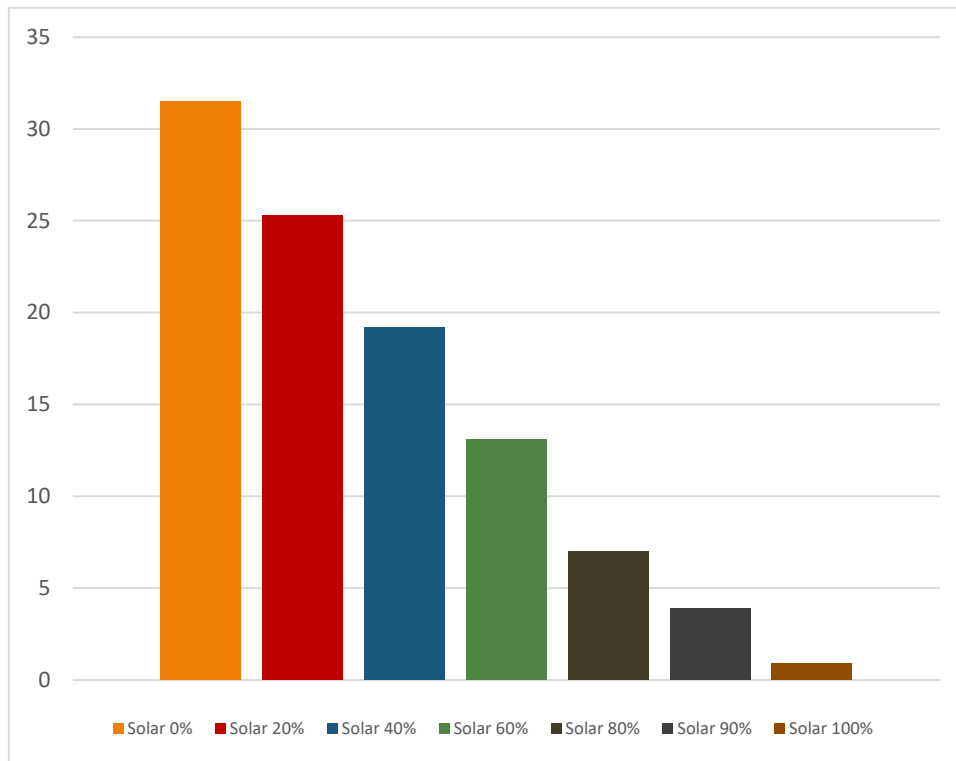
Gráfico 7.21. Simulaciones de rendimiento de instalaciones de calefacción / otras del modelo 02+, $C_{ep,nr}$ en kWh/m².año





7.4.7. Simulaciones con Solar térmica – m02+c1401

Gráfico 7.22. Simulaciones de aporte solar térmica en ACS del modelo 02+, $C_{ep,nr}$ en kWh/m²·año





7.5. Fase GAMMA del modelo 03

Las simulaciones realizadas en Cypetherm Eplus y se producen los siguientes cambios con respecto al modelo anterior:

- No se realizan las simulaciones relacionadas con la generación de ACS ni la energía solar térmica, al no contar el edificio con dicho servicio.
- Se incorporan simulaciones de equipos VRV, de control de flujo de refrigerante variable, y Rooftop, unidades aire-aire empleadas habitualmente en el sector terciario.
- En caso de ser necesario se incorporan equipos de mayor potencia y diferente rendimiento a los utilizados en los modelos anteriores.

La simulación base, m03c_gamma, presenta un consumo energético de energía primaria no renovable de 18,3 kWh / (m²·año) (Gráfico 7.23).

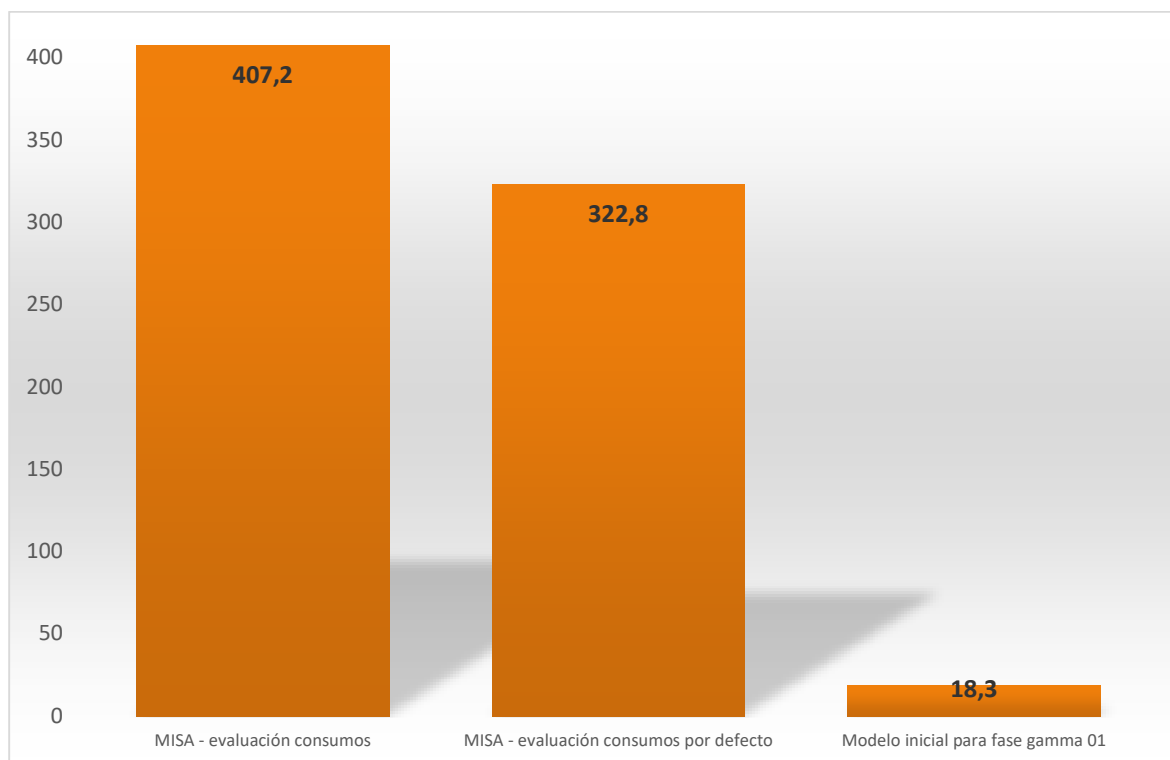
Los principales resultados obtenidos por categoría han sido.

- En la categoría de sistemas hyperinverter el valor de $C_{ep, nr}$ más reducido es de 7,2 kWh / (m²·año) (Gráfico 7.24).
- Respecto a las simulaciones de sistemas aerotérmicos, el resultado más favorable reduce el $C_{ep, nr}$ hasta un valor de 9,6 kWh / (m²·año) (Gráfico 7.25).
- Para la categoría de las bombas de calor geotérmicas la simulación más favorable tiene un $C_{ep, nr}$ de 8,2 kWh / (m²·año) (Gráfico 7.26).
- Al emplear sistemas VRV en calefacción y refrigeración se tiene un $C_{ep, nr}$ 5,3 kWh / (m²·año). Sería necesaria la utilización de varios equipos para cubrir las demandas, al utilizarse una solución de baja potencia (Gráfico 7.27).
- La simulación más destacada con calderas de biomasa presenta un $C_{ep, nr}$ de 8,1 kWh / (m²·año) (Gráfico 7.28).
- Las simulaciones de calderas de otros combustibles, generan, en cualquier caso, un consumo superior, aunque al no incluirse la generación de ACS los resultados son más parejos que en otros modelos (Gráfico 7.29).
- Los equipos Rooftop más eficientes producen un $C_{ep, nr}$ de 9,4 kWh / (m²·año) (Gráfico 7.30).

En los siguientes apartados pueden observarse los gráficos que representan las simulaciones de la fase GAMMA del modelo 03 y en el Anexo se recogen de forma resumida.

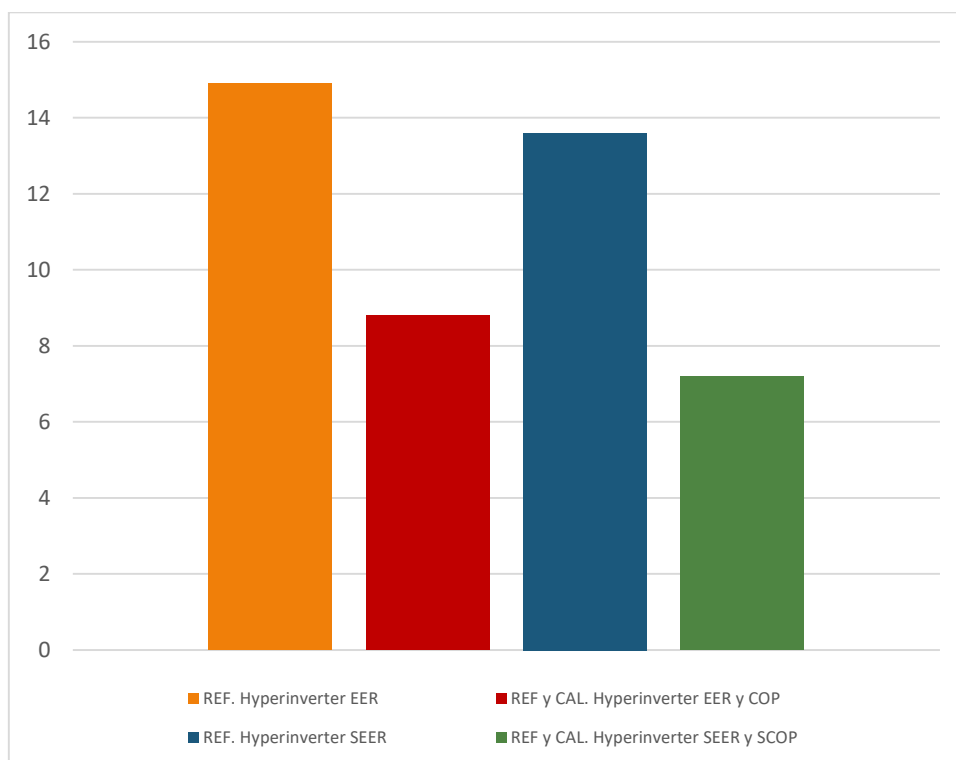
7.5.1. Simulaciones Base – m03c0B

Gráfico 7.23. Simulaciones iniciales de la fase gamma del modelo 03, $C_{ep,nr}$ en kWh/m²-año



7.5.2. Simulaciones con Hyperinverter – m03c1201

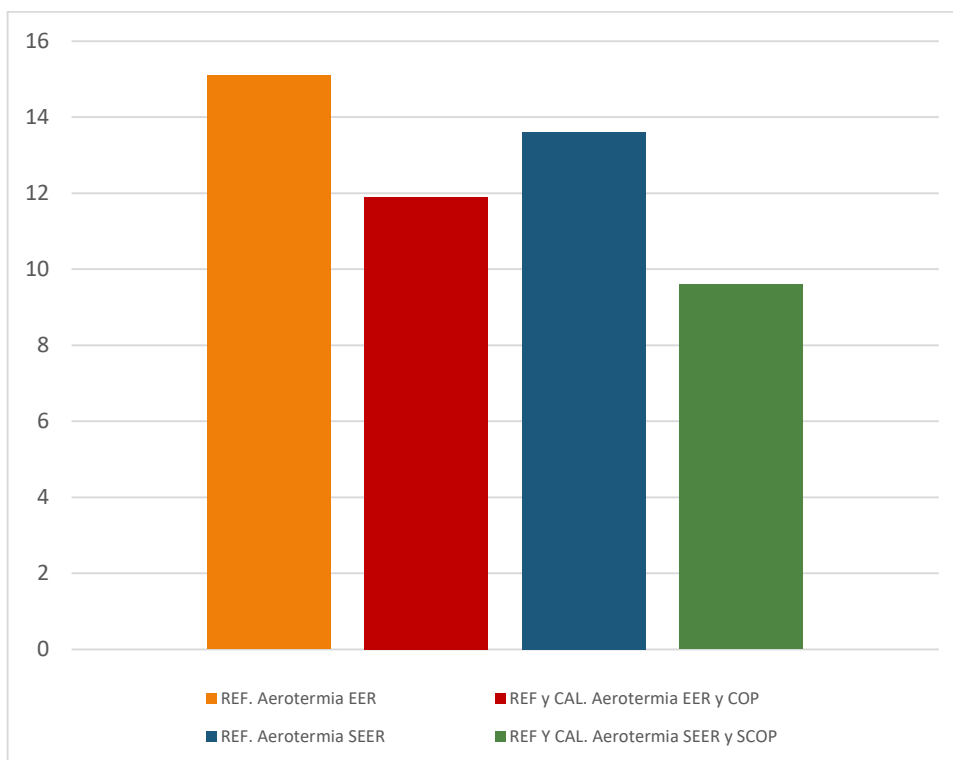
Gráfico 7.24. Simulaciones de climatización aire - aire del modelo 03, $C_{ep,nr}$ en kWh/m²-año





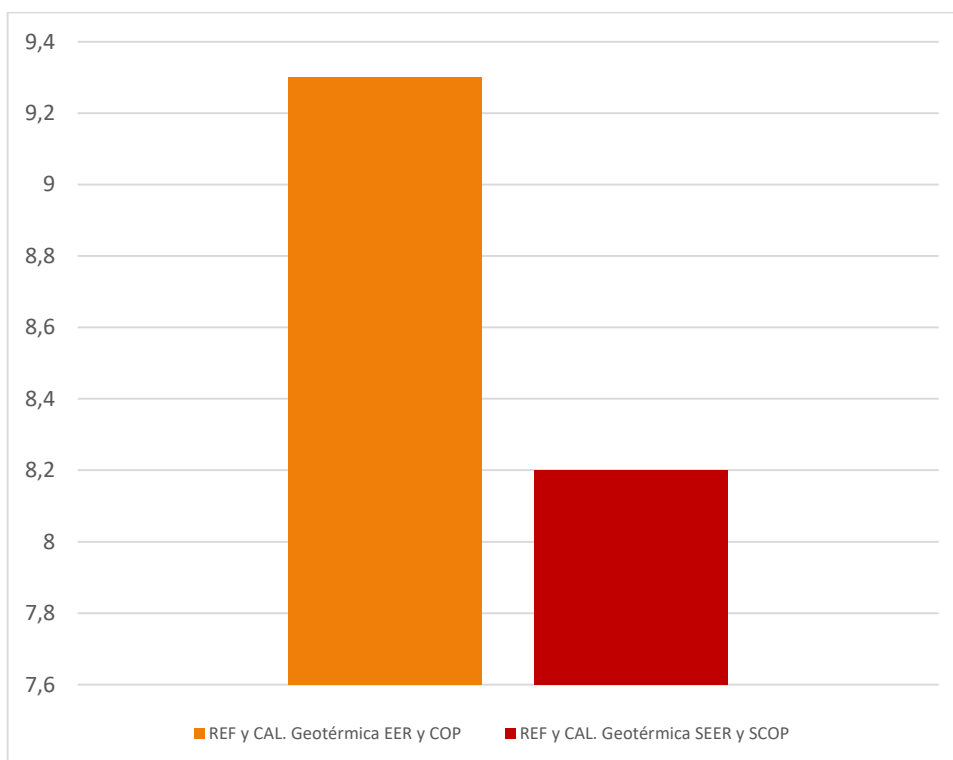
7.5.3. Simulaciones con Aerotermia – m03c1202

Gráfico 7.25. Simulaciones de climatización aire - agua / aerotermia del modelo 03, $C_{ep,nr}$ en kWh/m²-año



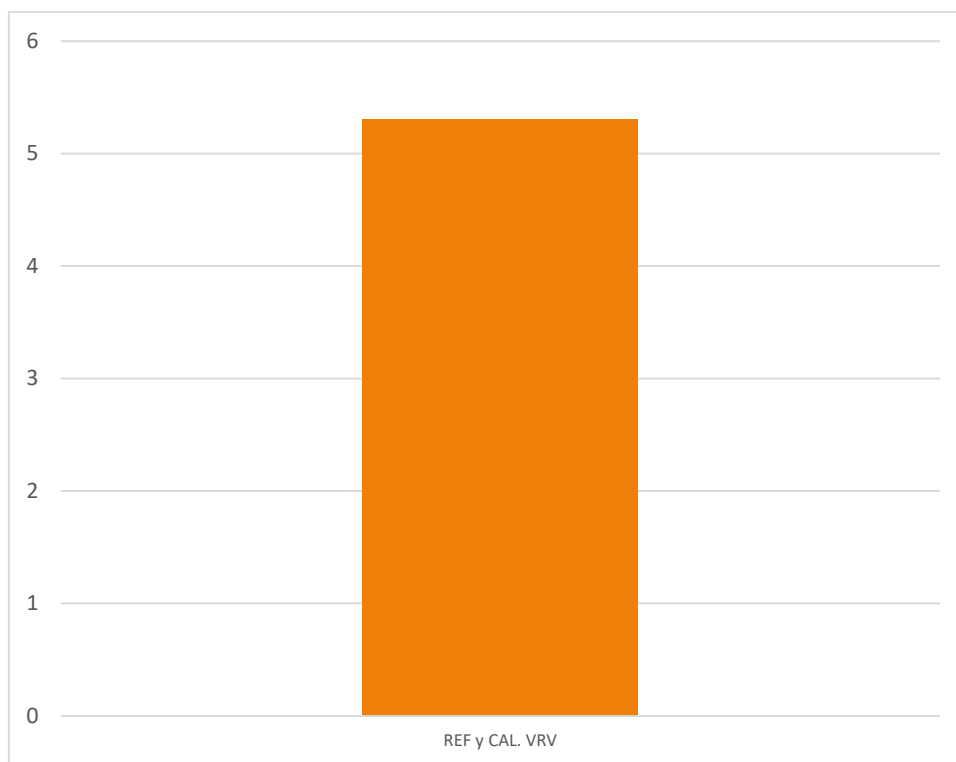
7.5.4. Simulaciones con Geotermia – m03c1203

Gráfico 7.26. Simulaciones de climatización tierra - agua / geotérmica del modelo 03, $C_{ep,nr}$ en kWh/m²-año



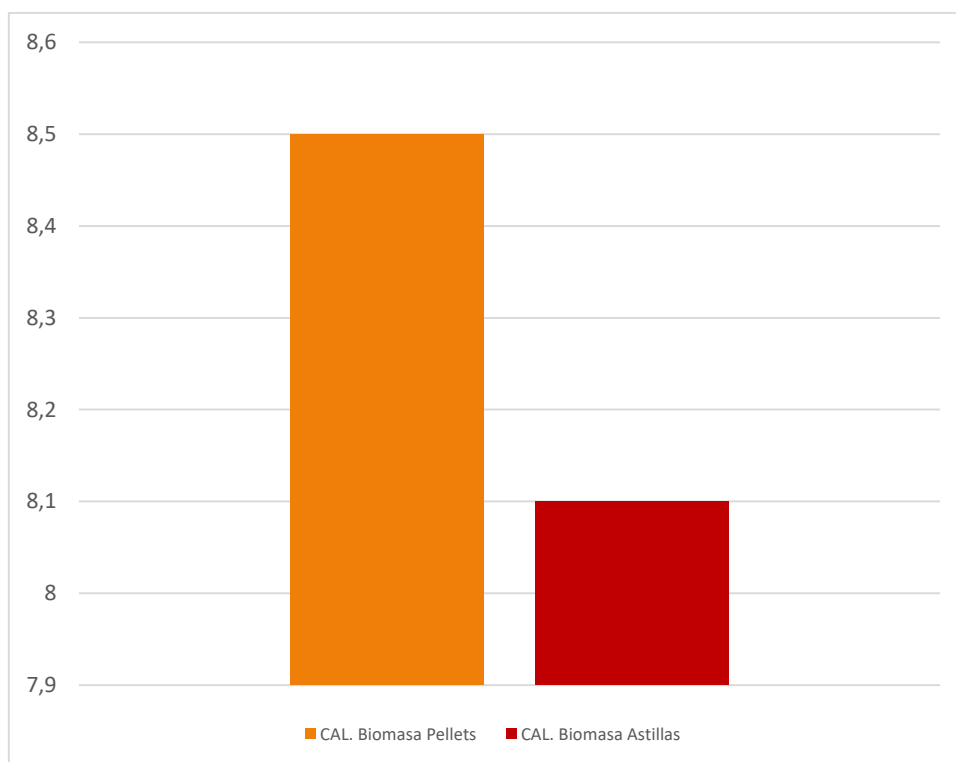
7.5.5. Simulaciones con VRV – m03c1204

Gráfico 7.27. Simulaciones de climatización / VRV del modelo 03, $C_{ep,nr}$ en kWh/m²·año



7.5.6. Simulaciones con Biomasa – m03c1205

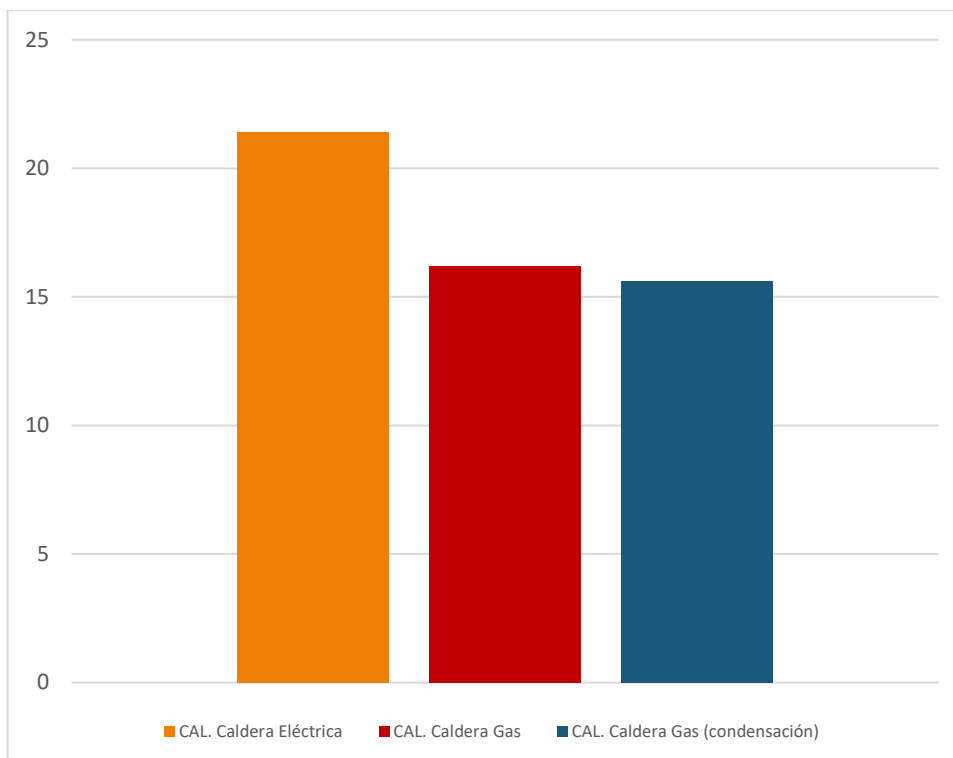
Gráfico 7.28. Simulaciones de rendimiento de instalaciones de calefacción / biomasa del modelo 03, $C_{ep,nr}$ en kWh/m²·año





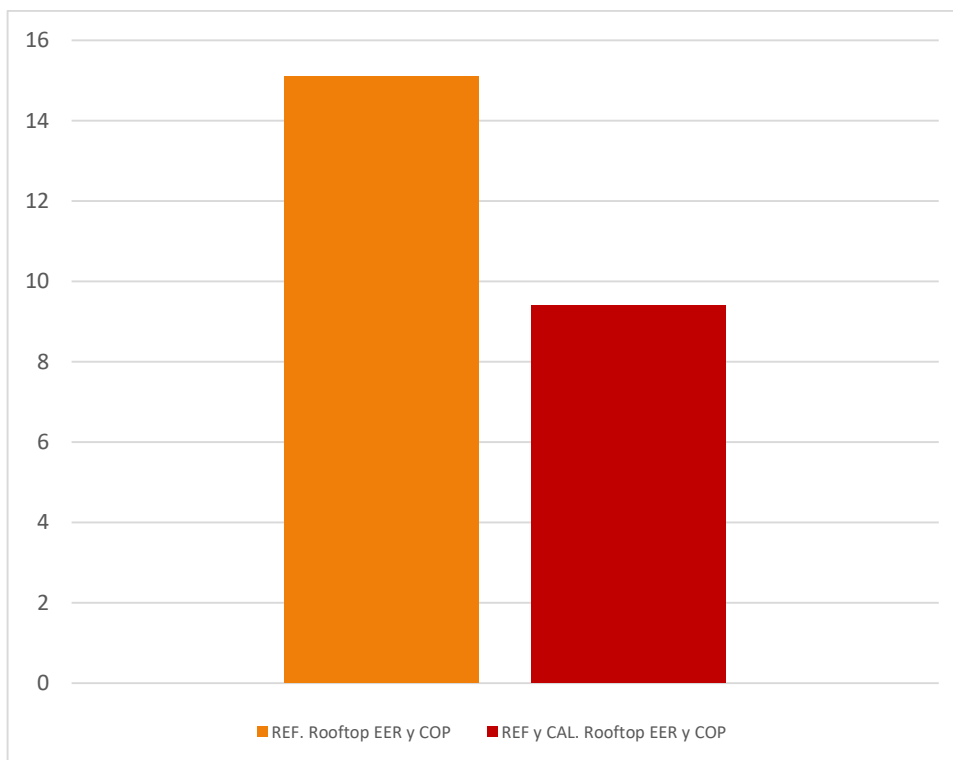
7.5.7. Simulaciones con Otros combustibles – m03c1206

Gráfico 7.29. Simulaciones de rendimiento de instalaciones de calefacción / otras del modelo 03, $C_{ep,nr}$ en $kWh/m^2 \cdot año$



7.5.8. Simulaciones con Rooftop – m03c1207

Gráfico 7.30. Simulaciones de rooftop del modelo 03, $C_{ep,nr}$ en $kWh/m^2 \cdot año$



7.6. Fase GAMMA del modelo 04

Simulaciones realizadas en Cypetherm Eplus, se evalúan todas las categorías contempladas en la fase.

La simulación base, m04c_gamma, presenta un consumo energético de energía primaria no renovable de 47,4 kWh / (m²·año) (Gráfico 7.31).

- En la categoría de sistemas hyperinverter el valor de $C_{ep, nr}$ más reducido es de 44,4 kWh / (m²·año). Sería necesaria la utilización de varios equipos para cubrir las demandas (Gráfico 7.32).
- Para la categoría de sistemas aerotérmicos, el resultado más favorable reduce el $C_{ep, nr}$ hasta un valor de 15,2 kWh / (m²·año) (Gráfico 7.33).
- Dentro de la categoría de las bombas de calor geotérmicas la simulación más favorable tiene un $C_{ep, nr}$ de 15 kWh / (m²·año) (Gráfico 7.34).
- La utilización de equipos VRV en calefacción y refrigeración implica un $C_{ep, nr}$ de 43,8 kWh / (m²·año). Sería necesaria la utilización de varios equipos para cubrir las demandas (Gráfico 7.35).
- Las simulaciones con calderas de biomasa presentan un $C_{ep, nr}$ de 2,6 kWh / (m²·año) (Gráfico 7.36).
- Las simulaciones de calderas de otros combustibles generan un consumo superior (Gráfico 7.37).
- La evaluación de Rooftops más eficiente tiene un $C_{ep, nr}$ de 45,1 kWh / (m²·año) (Gráfico 7.38).
- Los resultados con un aporte del 80% de ACS de solar térmica se traducen en un $C_{ep, nr}$ de 26,2 kWh / (m²·año). Se baja el porcentaje de cobertura al 80%, debido a que el modelo 04 representa un centro de salud y cuenta con una demanda muy elevada de ACS. Mediante Cypecad MEP se dimensionó la instalación para un 80% dentro de unos límites razonables de presupuesto, aprovechamiento del espacio y viabilidad técnica (Gráfico 7.39).

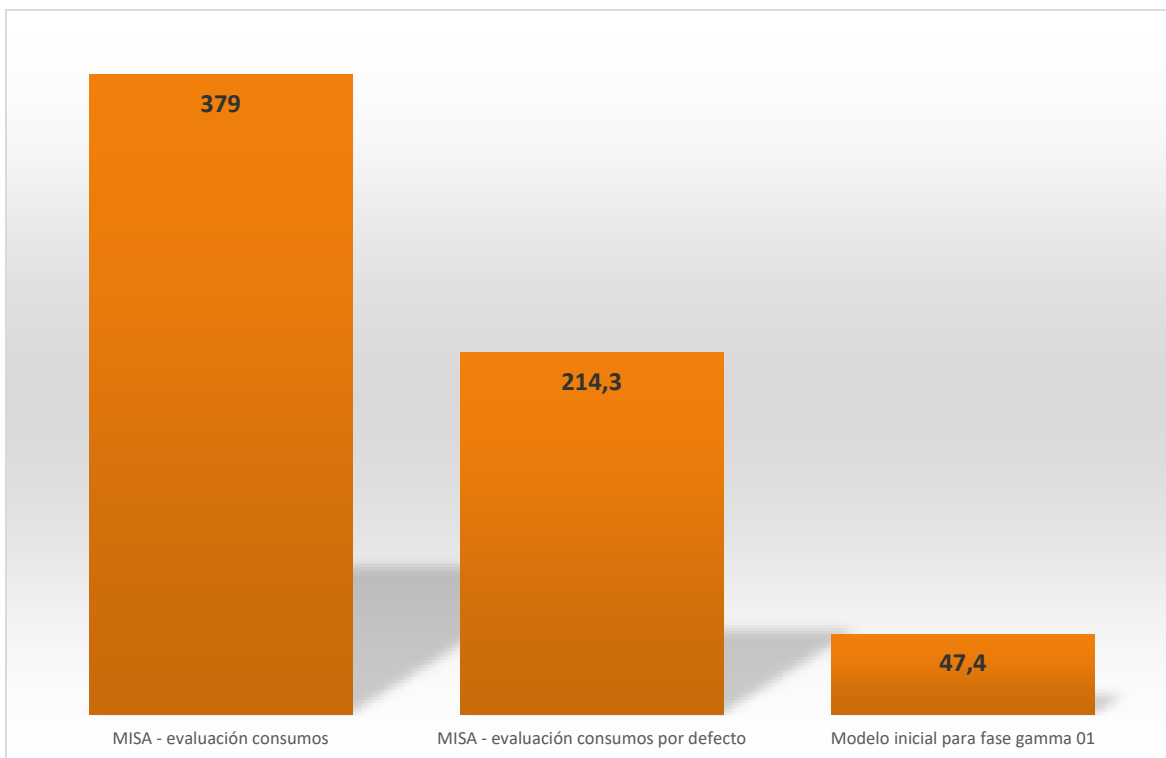
La elevada demanda de energía en la generación de ACS en comparación con la requerida para climatización hace que las soluciones que no cubran el ACS no reduzcan su $C_{ep, nr}$ en la misma medida que el resto.

En los siguientes apartados pueden observarse los gráficos que representan las simulaciones de la fase GAMMA del modelo 04 y en el Anexo se recogen de forma resumida.



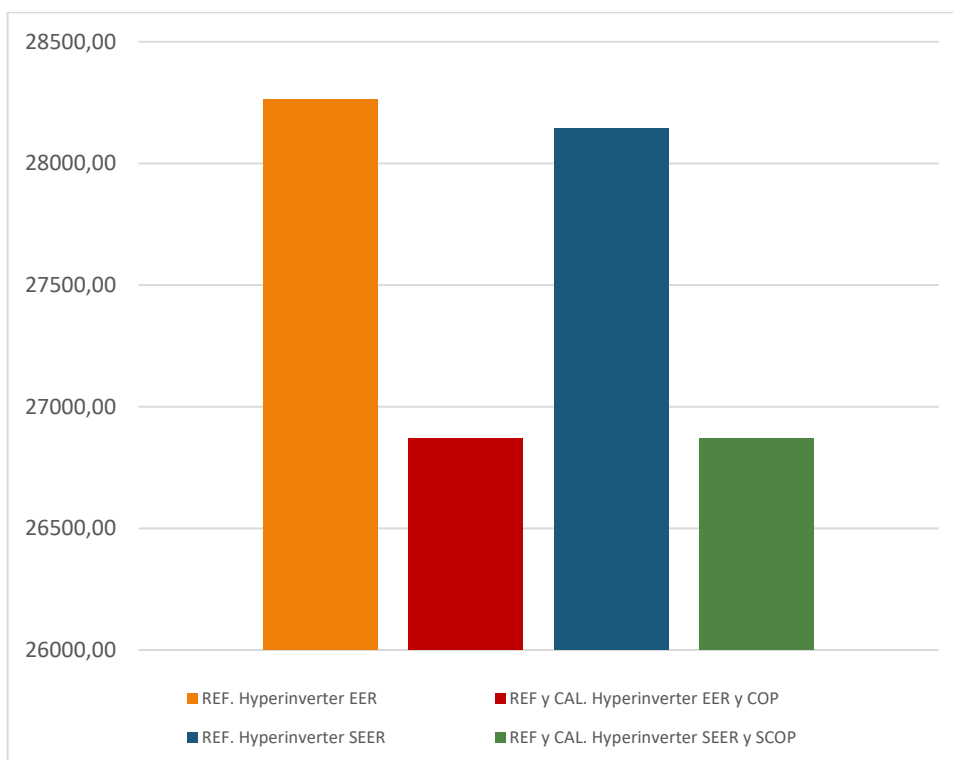
7.6.1. Simulaciones Base – m04c0B

Gráfico 7.31. Simulaciones iniciales de la fase gamma del modelo 04, $C_{ep,nr}$ en kWh/m²·año



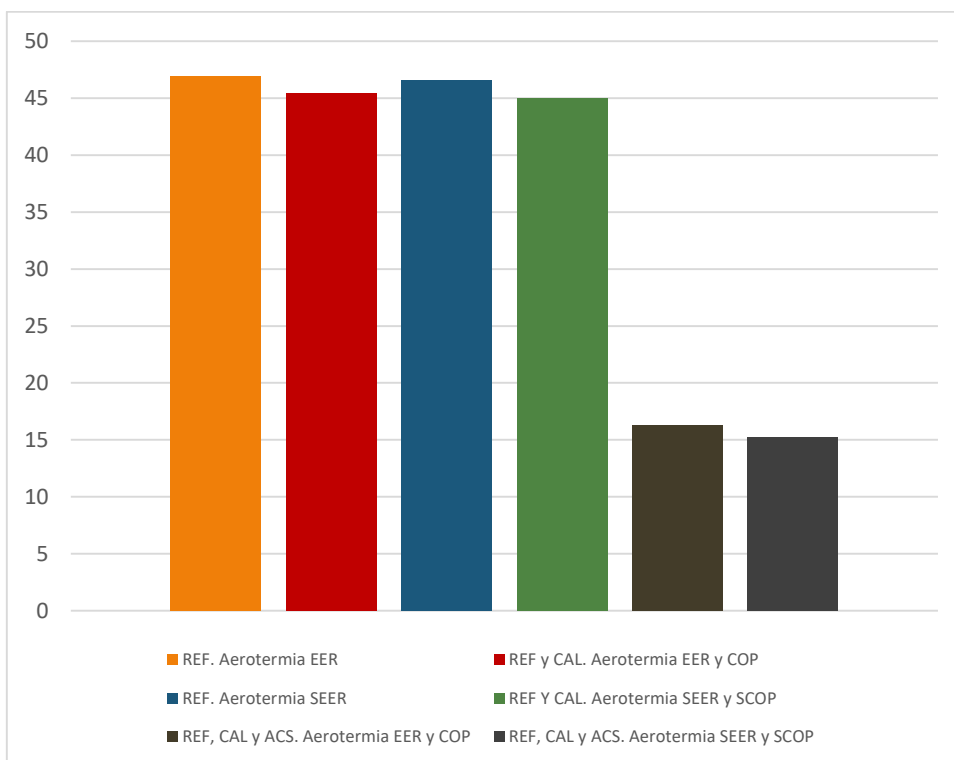
7.6.2. Simulaciones con Hyperinverter – m04c1201

Gráfico 7.32. Simulaciones de climatización aire - aire del modelo 04, $C_{ep,nr}$ en kWh/m²·año



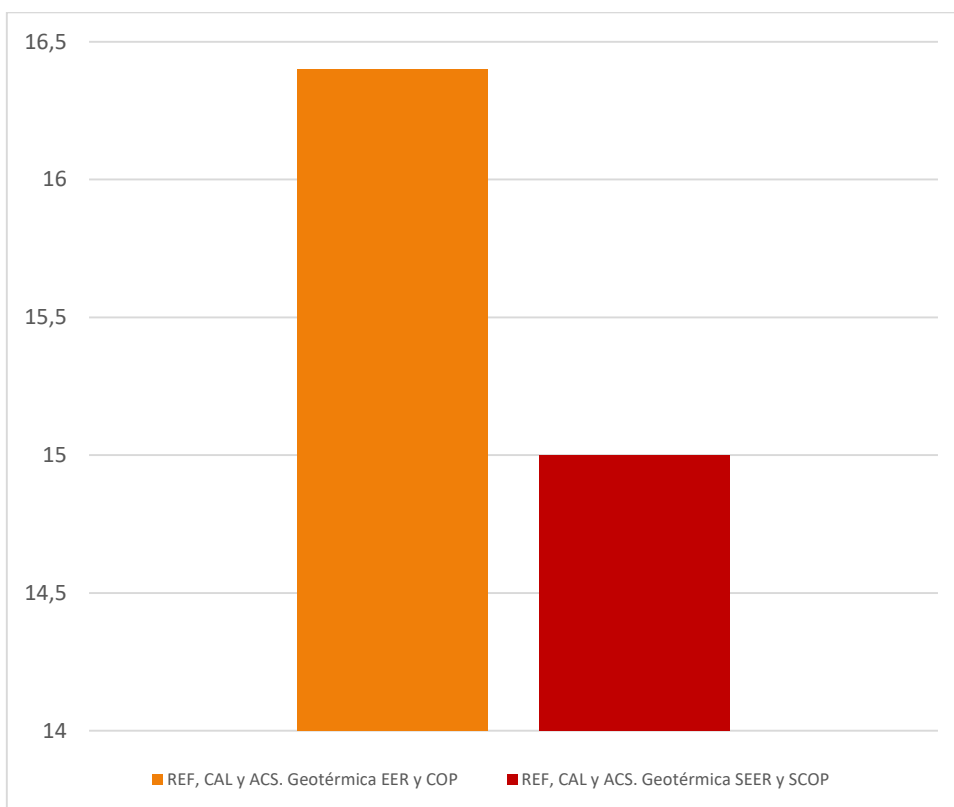
7.6.3. Simulaciones con Aerotermia – m04c1202

Gráfico 7.33. Simulaciones de climatización aire - agua / aerotermia del modelo 04, $C_{ep,nr}$ en kWh/m²·año



7.6.4. Simulaciones con Geotermia – m04c1203

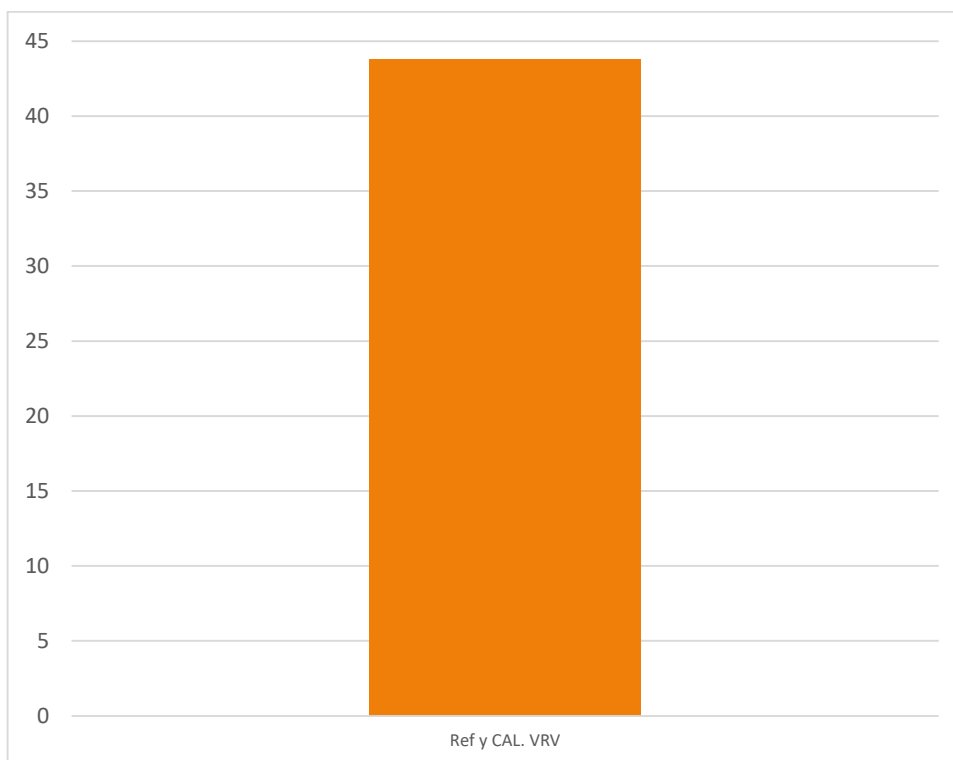
Gráfico 7.34. Simulaciones de climatización tierra - agua / geotérmica del modelo 04, $C_{ep,nr}$ en kWh/m²·año





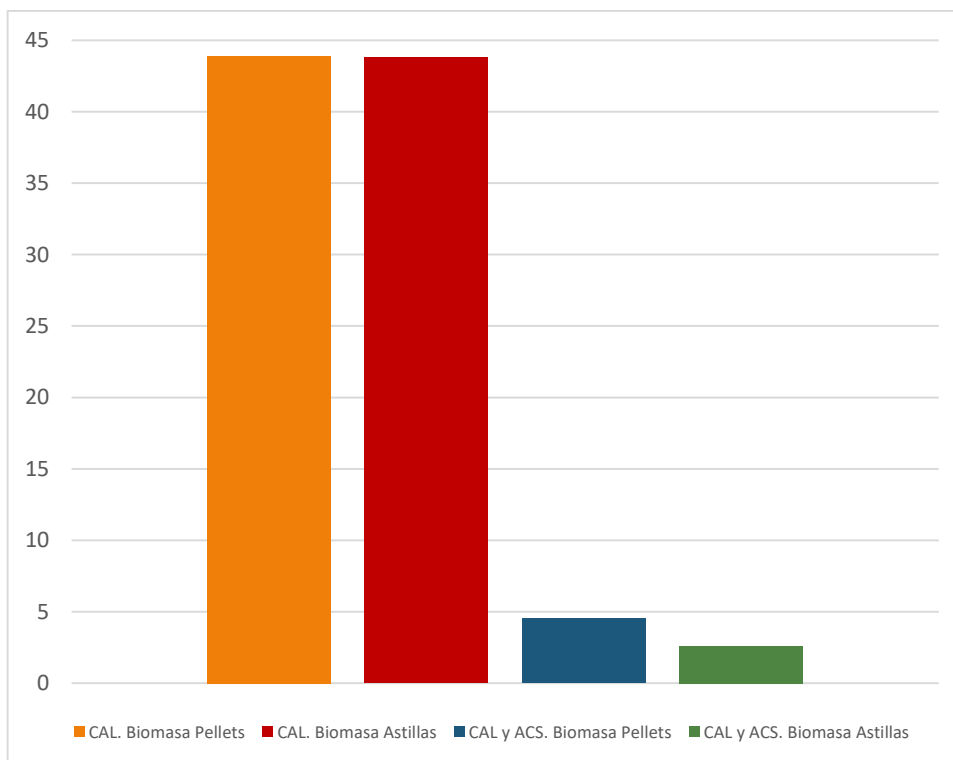
7.6.5. Simulaciones con VRV – m04c1204

Gráfico 7.35. Simulaciones de climatización / VRV del modelo 04, $C_{ep,nr}$ en kWh/m²·año



7.6.6. Simulaciones con Biomasa – m04c1205

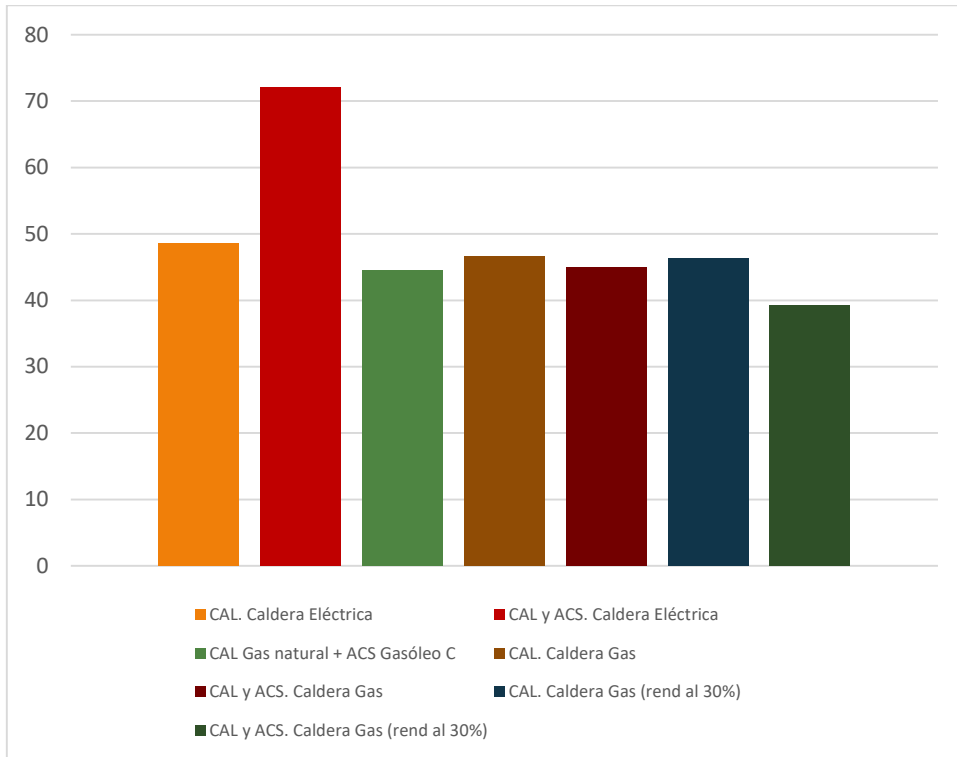
Gráfico 7.36. Simulaciones de rendimiento de instalaciones de calefacción / biomasa del modelo 04, $C_{ep,nr}$ en kWh/m²·año





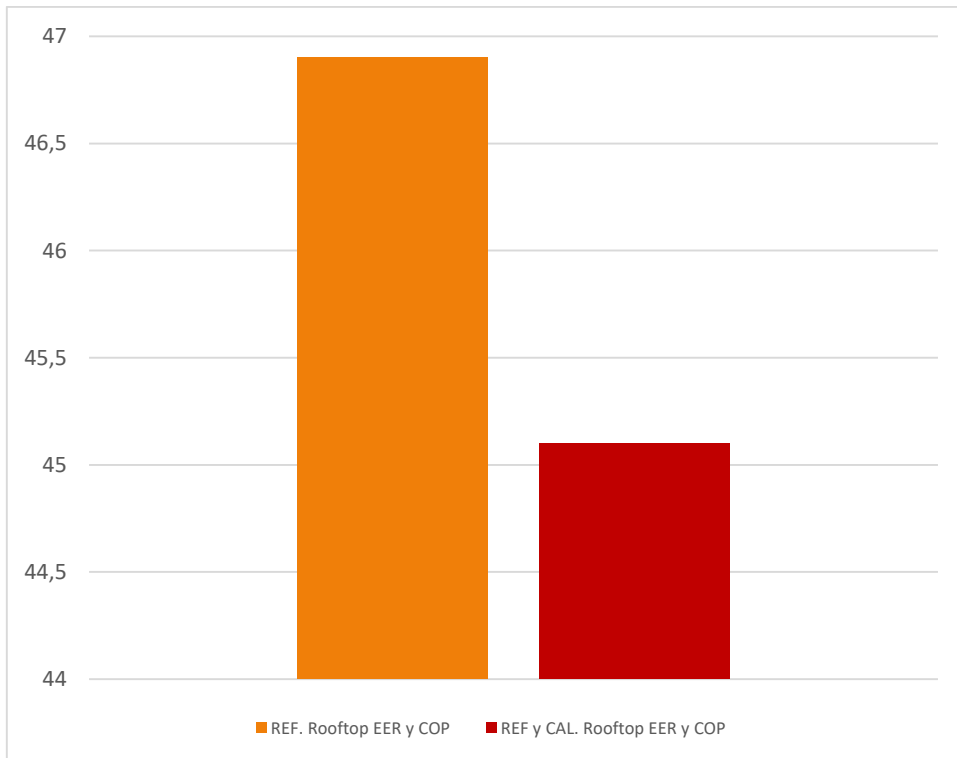
7.6.7. Simulaciones con Otros combustibles – m04c1206

Gráfico 7.37. Simulaciones de rendimiento de instalaciones de calefacción / otras del modelo 04, $C_{ep,nr}$ en kWh/m²-año



7.6.8. Simulaciones con Rooftop – m04c1207

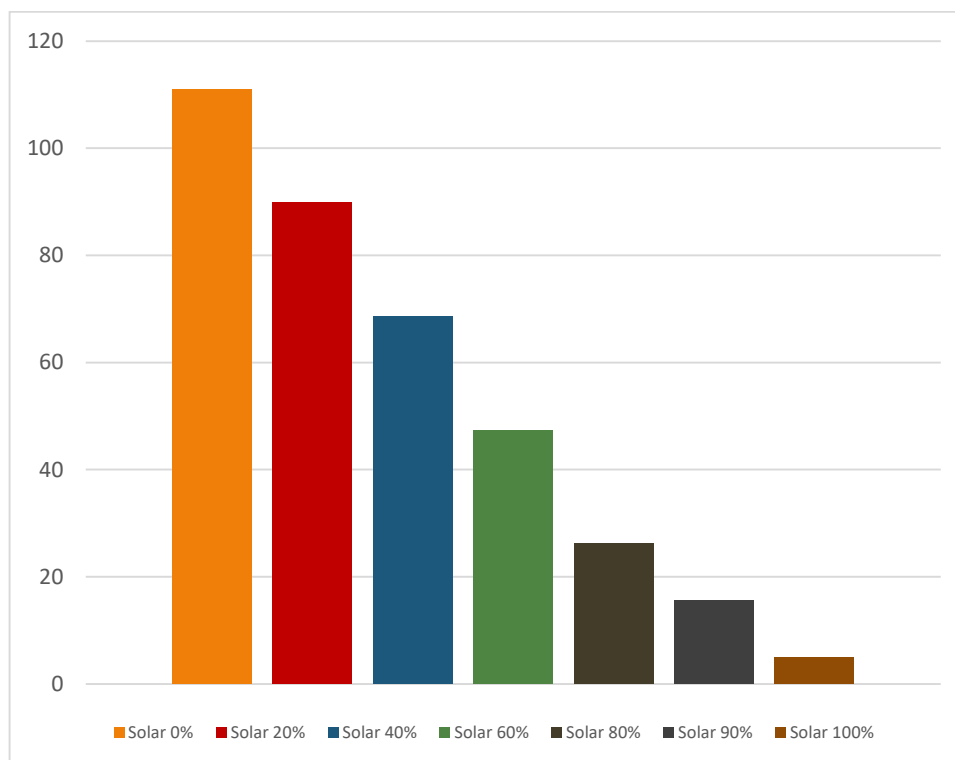
Gráfico 7.38. Simulaciones de rooftop del modelo 04, $C_{ep,nr}$ en kWh/m²-año





7.6.9. Simulaciones con Solar térmica – m04c1401

Gráfico 7.39. Simulaciones de aporte solar térmica en ACS del modelo 04, $C_{ep,nr}$ en kWh/m²·año



7.7. Fase GAMMA del modelo 05

Las simulaciones han sido realizadas en Cypetherm Eplus. No se emplean las categorías de sistemas hyperinverter ni de VRV.

La simulación base, m05c_gamma, presenta un consumo energético de energía primaria no renovable de 61,78 kWh / (m²·año) (Gráfico 7.40).

- En la categoría de sistemas aerotérmicos, el resultado más favorable reduce el $C_{ep, nr}$ hasta un valor de 25,44 kWh / (m²·año) (Gráfico 7.41).
- Dentro de la categoría de las bombas de calor geotérmicas la simulación más favorable tiene un $C_{ep, nr}$ de 19,99 kWh / (m²·año) (Gráfico 7.42).
- Las simulaciones con calderas de biomasa presentan un $C_{ep, nr}$ de 30,40 kWh / (m²·año) (Gráfico 7.43).
- Las simulaciones de calderas de otros combustibles, generan, en cualquier caso, un consumo superior (Gráfico 7.44).
- La simulación con Rooftop más eficiente tiene un $C_{ep, nr}$ de 48,40 kWh / (m²·año) (Gráfico 7.45).
- Los resultados con un aporte del 80% de ACS de solar térmica se traducen en un $C_{ep, nr}$ de 47,41 kWh / (m²·año) (Gráfico 7.46).

Las precisiones realizadas en el modelo 04 acerca de cómo la diferencia entre la demanda de ACS y climatización distorsiona los cálculos se pueden aplicar, del mismo modo, en este modelo. Al tratarse de una instalación deportiva cuenta con duchas y vestuarios por lo que el consumo de ACS es elevado.

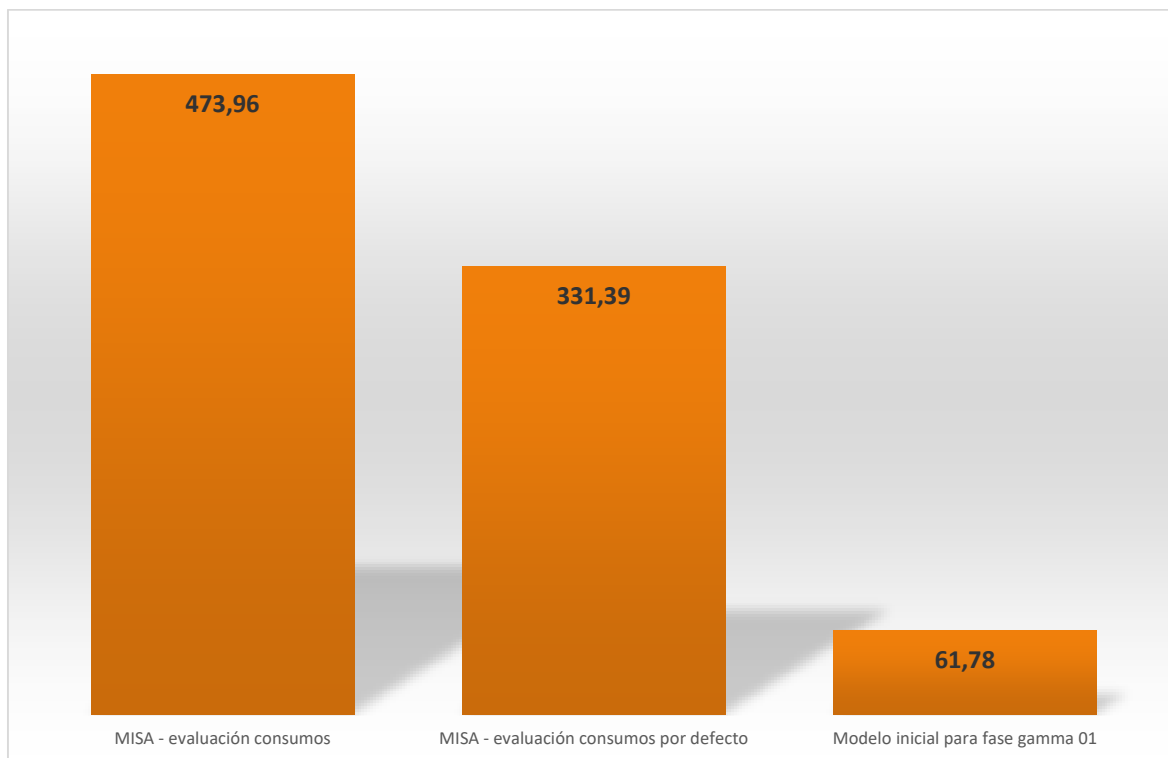
El consumo de refrigeración es dominante con respecto a la calefacción, especialmente en verano, al combinarse el uso deportivo con la climatología. El edificio no tiene prácticamente consumo en calefacción, pudiendo considerarse la eliminación de esa instalación.

En los siguientes apartados pueden observarse los gráficos que representan las simulaciones de la fase GAMMA del modelo 05 y en el Anexo se recogen de forma resumida.



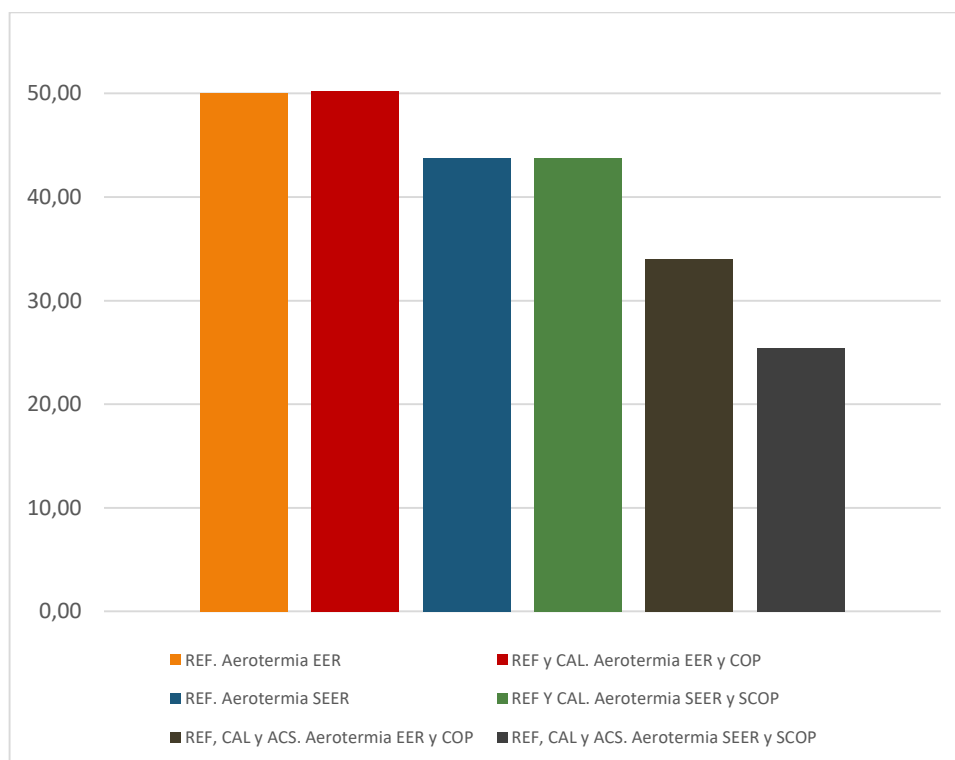
7.7.1. Simulaciones Base – m05c0B

Gráfico 7.40. Simulaciones iniciales de la fase gamma del modelo 05, $C_{ep,nr}$ en kWh/m²·año



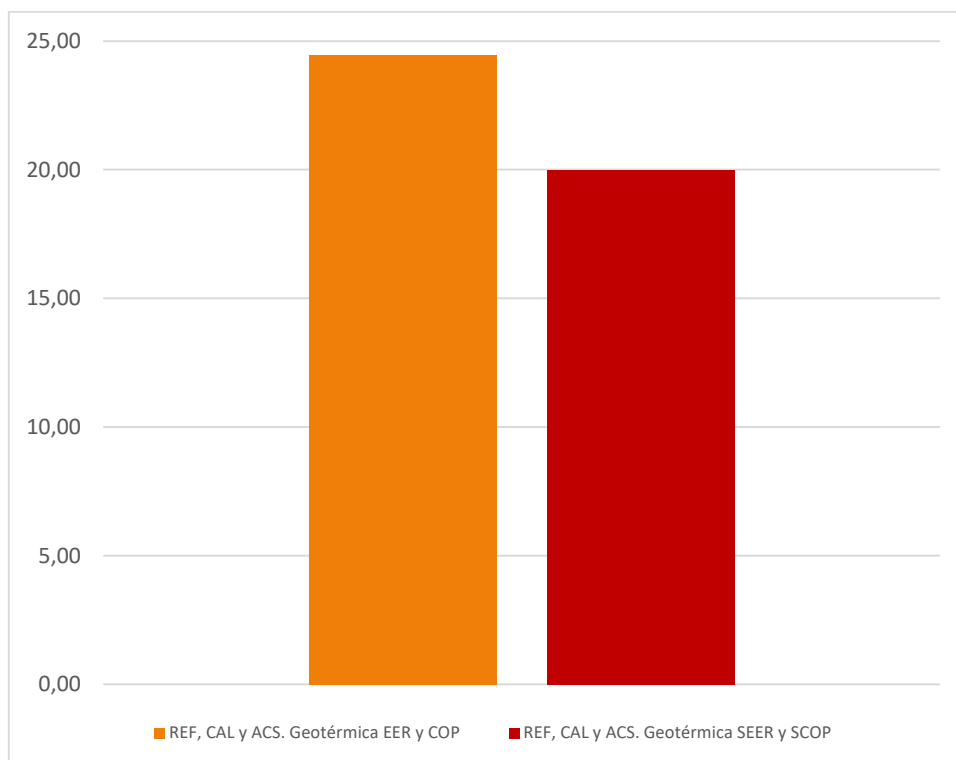
7.7.2. Simulaciones con Aerotermia – m05c1202

Gráfico 7.41. Simulaciones de climatización aire - agua / aerotermia del modelo 05, $C_{ep,nr}$ en kWh/m²·año



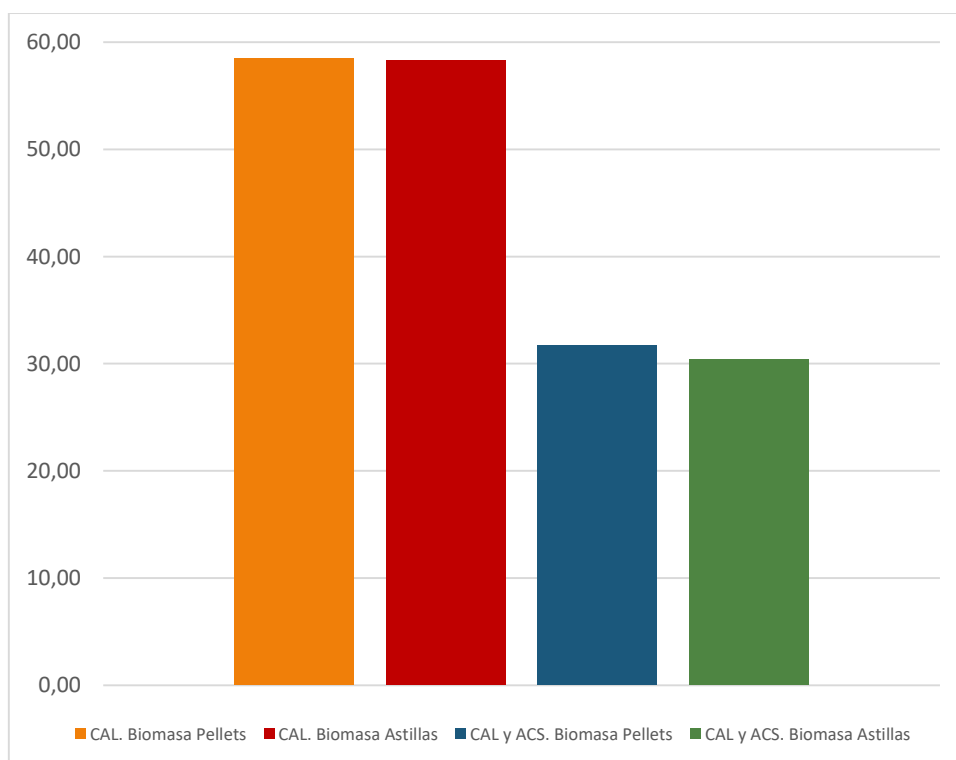
7.7.3. Simulaciones con Geotermia – m05c1203

Gráfico 7.42. Simulaciones de climatización tierra - agua / geotérmica del modelo 05, $C_{ep,nr}$ en kWh/m²-año



7.7.4. Simulaciones con Biomasa – m05c1205

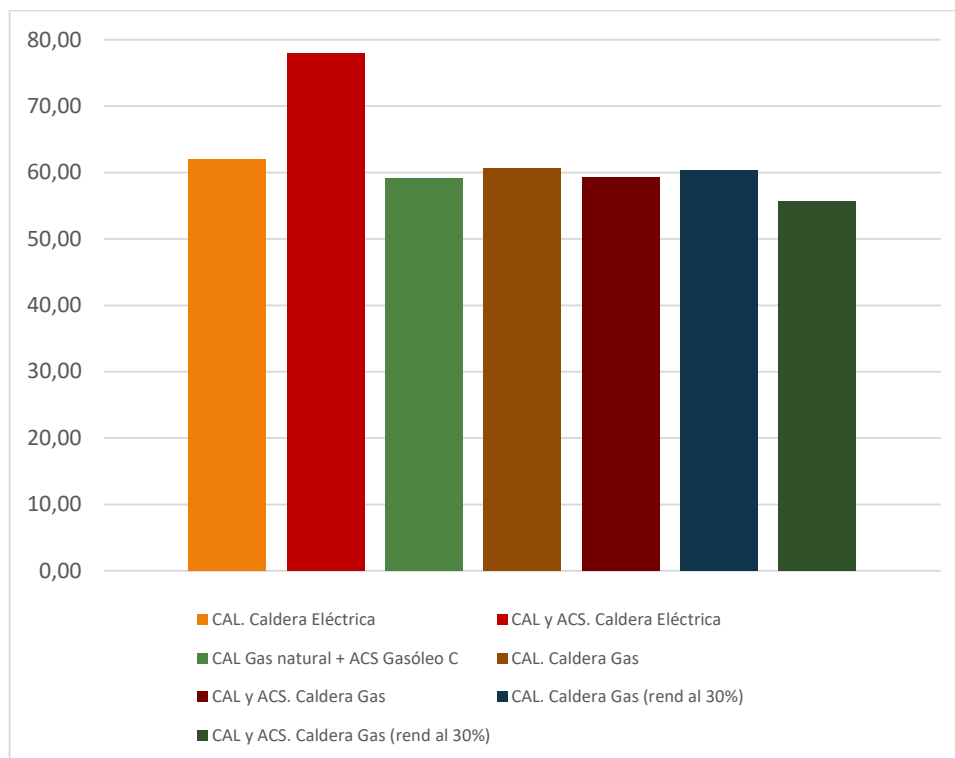
Gráfico 7.43. Simulaciones de rendimiento de instalaciones de calefacción / biomasa del modelo 05, $C_{ep,nr}$ en kWh/m²-año





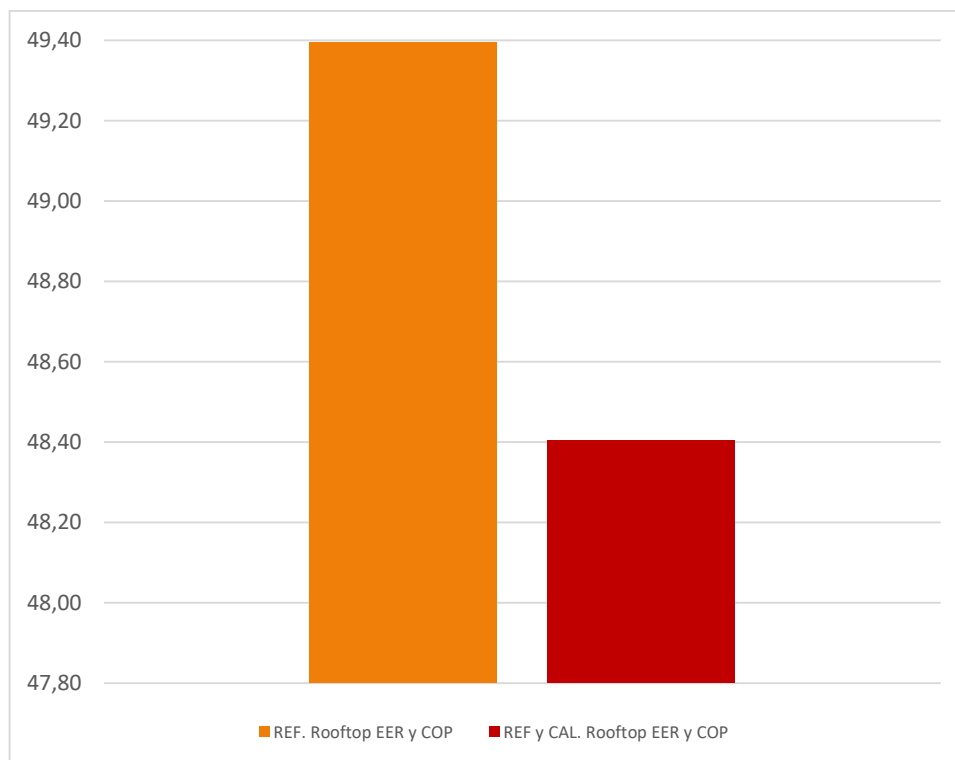
7.7.5. Simulaciones con Otros combustibles – m05c1206

Gráfico 7.44. Simulaciones de rendimiento de instalaciones de calefacción / otras del modelo 05, $C_{ep,nr}$ en $kWh/m^2 \cdot año$



7.7.6. Simulaciones con Rooftop – m05c1207

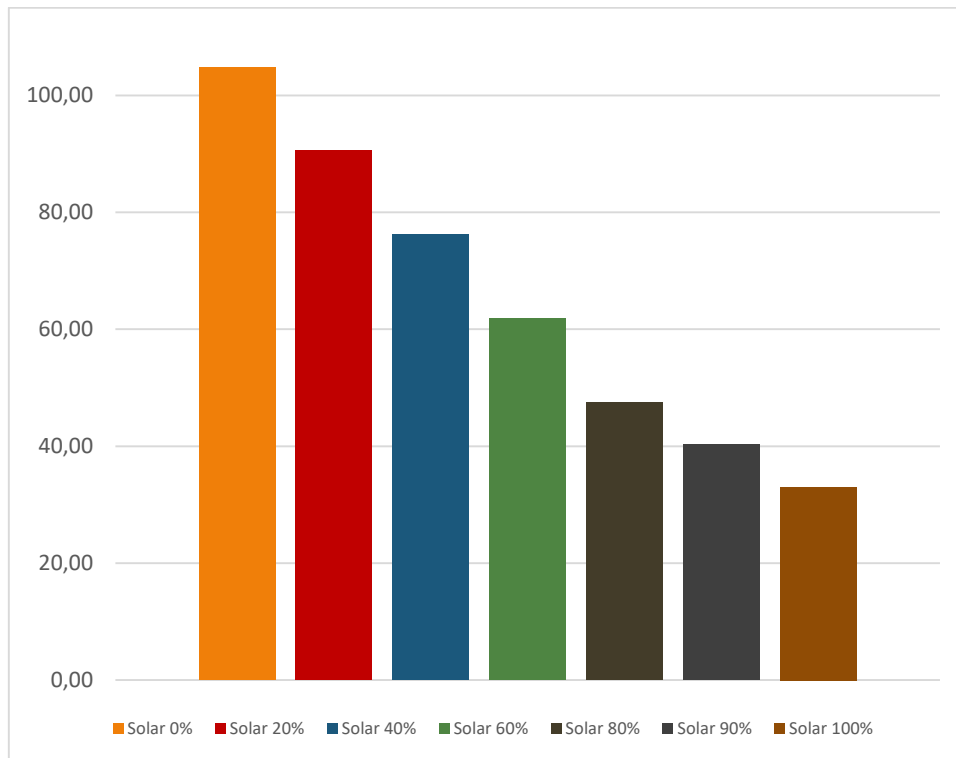
Gráfico 7.45. Simulaciones de rooftop del modelo 05, $C_{ep,nr}$ en $kWh/m^2 \cdot año$





7.7.7. Simulaciones con Solar térmica – m05c1401

Gráfico 7.46. Simulaciones de aporte solar térmica en ACS del modelo 05, $C_{ep,nr}$ en kWh/m².año





7.8. Fase GAMMA del modelo 06

Simulaciones realizadas en Cypetherm Eplus donde se emplean todas las categorías de simulación.

La simulación base, m06c_gamma, presenta un consumo energético de energía primaria no renovable de 71,10 kWh / (m²·año), resultando el modelo de mayor consumo al tratarse de un edificio muy poco compacto, con la mayor parte de sus recintos en contacto con la envolvente térmica del edificio (Gráfico 7.47).

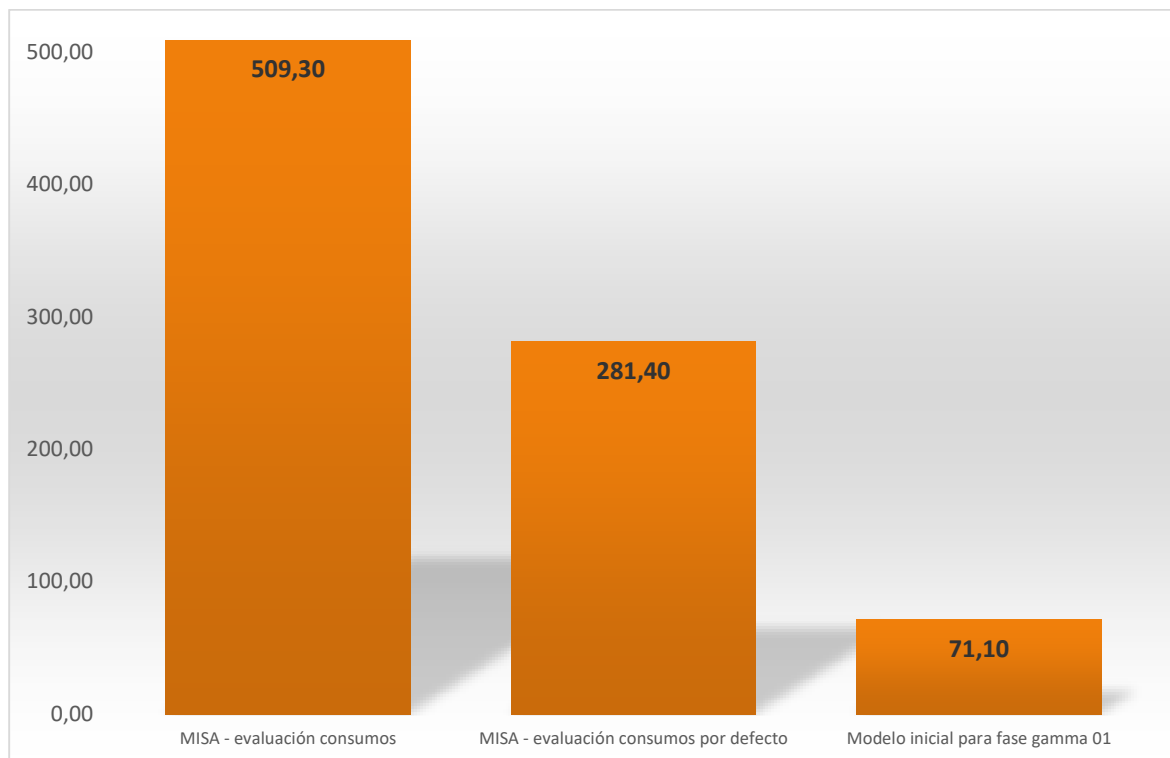
- En la categoría de sistemas hyperinverter el valor de $C_{ep, nr}$ más reducido es de 63,50 kWh / (m²·año). Sería necesaria la utilización de varios equipos para cubrir las demandas (Gráfico 7.48).
- La simulación de sistemas aerotérmicos presenta su resultado más favorable al reducir el $C_{ep, nr}$ hasta un valor de 23,40 kWh / (m²·año) (Gráfico 7.49).
- Dentro de la categoría de las bombas de calor geotérmicas la simulación más favorable tiene un $C_{ep, nr}$ de 23,00 kWh / (m²·año) (Gráfico 7.50).
- Las simulaciones VRV tienen un $C_{ep, nr}$ 62,30 kWh / (m²·año). Sería necesaria la utilización de varios equipos para cubrir las demandas (Gráfico 7.51).
- En las simulaciones con calderas de biomasa se obtiene un valor mínimo de $C_{ep, nr}$ de 5,80 kWh / (m²·año) (Gráfico 7.52).
- Las evaluaciones de calderas de otros combustibles, generan, en cualquier caso, un consumo superior (Gráfico 7.53).
- Para las simulaciones con Rooftop más eficientes se tiene un $C_{ep, nr}$ de 65,20 kWh / (m²·año) (Gráfico 7.54).
- Los resultados con un aporte del 80% de ACS de solar térmica se traducen en un $C_{ep, nr}$ de 11,80 kWh / (m²·año) (Gráfico 7.55).

Las precisiones realizadas en los modelos 04 y 05 acerca de la demanda de ACS también son aplicables al modelo 06 al contar con vestuarios para los trabajadores de la zona industrial.

En los siguientes apartados pueden observarse los gráficos que representan las simulaciones de la fase GAMMA del modelo 06 y en el Anexo se recogen de forma resumida.

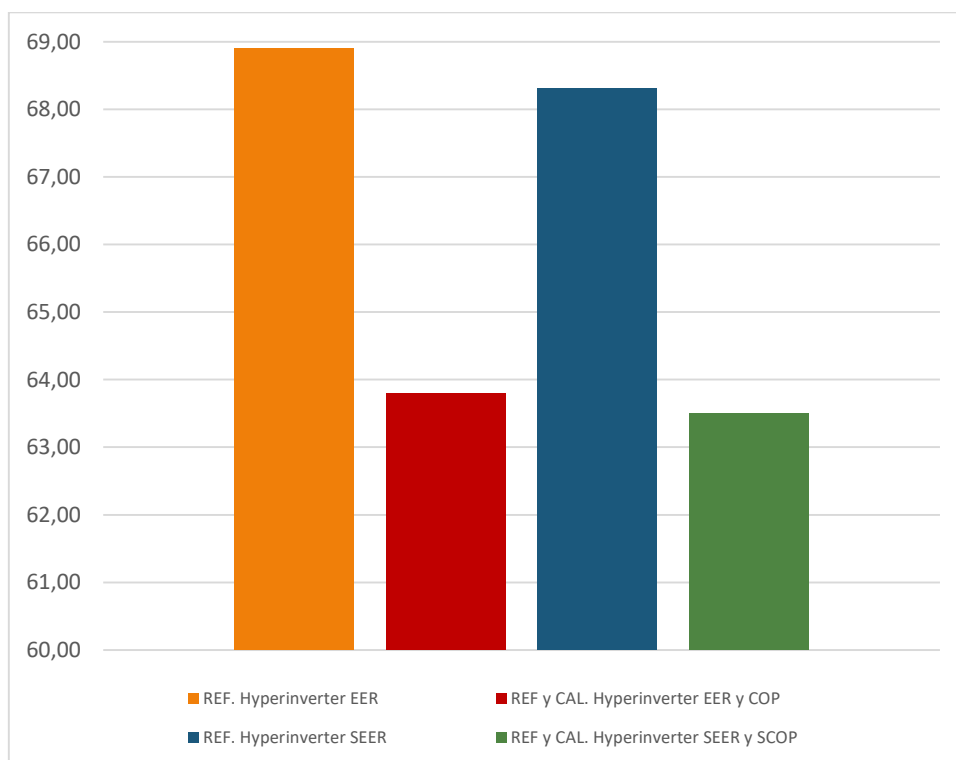
7.8.1. Simulaciones Base – m06c0B

Gráfico 7.47. Simulaciones iniciales de la fase gamma del modelo 06, $C_{ep,nr}$ en kWh/m²·año



7.8.2. Simulaciones con Hyperinverter – m06c1201

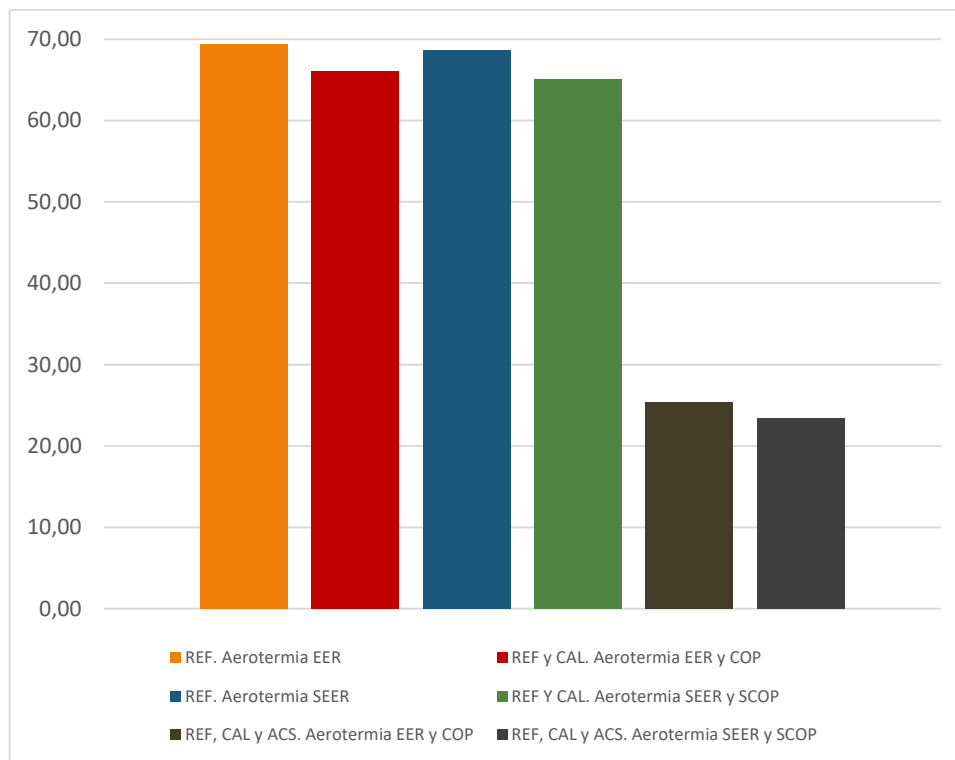
Gráfico 7.48. Simulaciones de climatización aire - aire del modelo 06, $C_{ep,nr}$ en kWh/m²·año





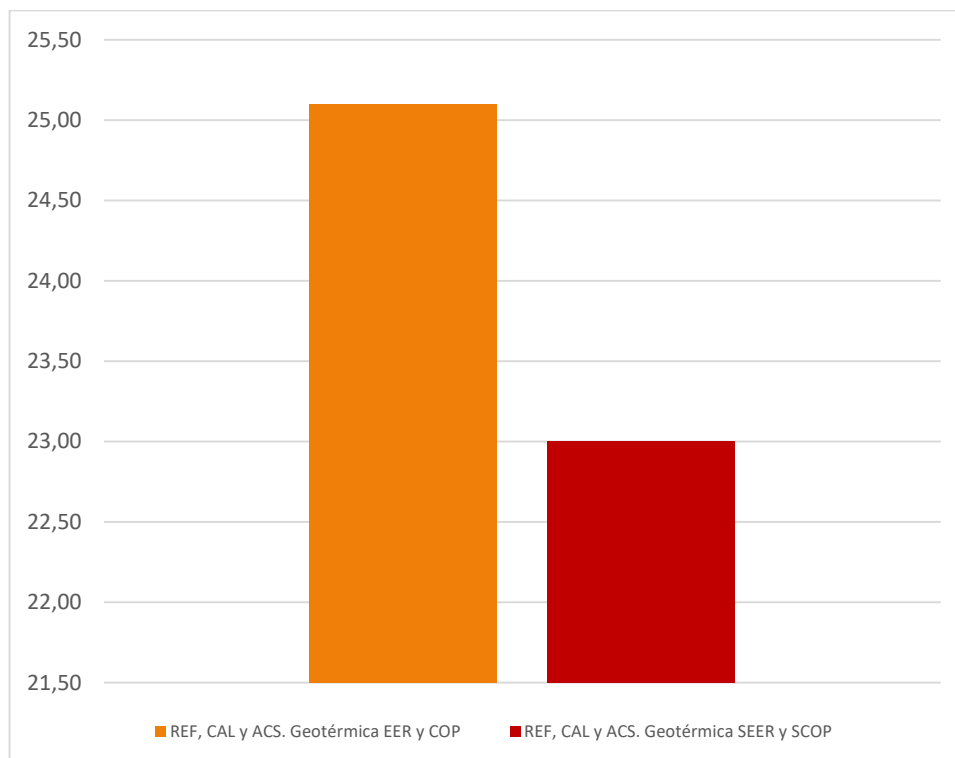
7.8.3. Simulaciones con Aerotermia – m06c1202

Gráfico 7.49. Simulaciones de climatización aire - agua / aerotermia del modelo 06, $C_{ep,nr}$ en kWh/m²-año



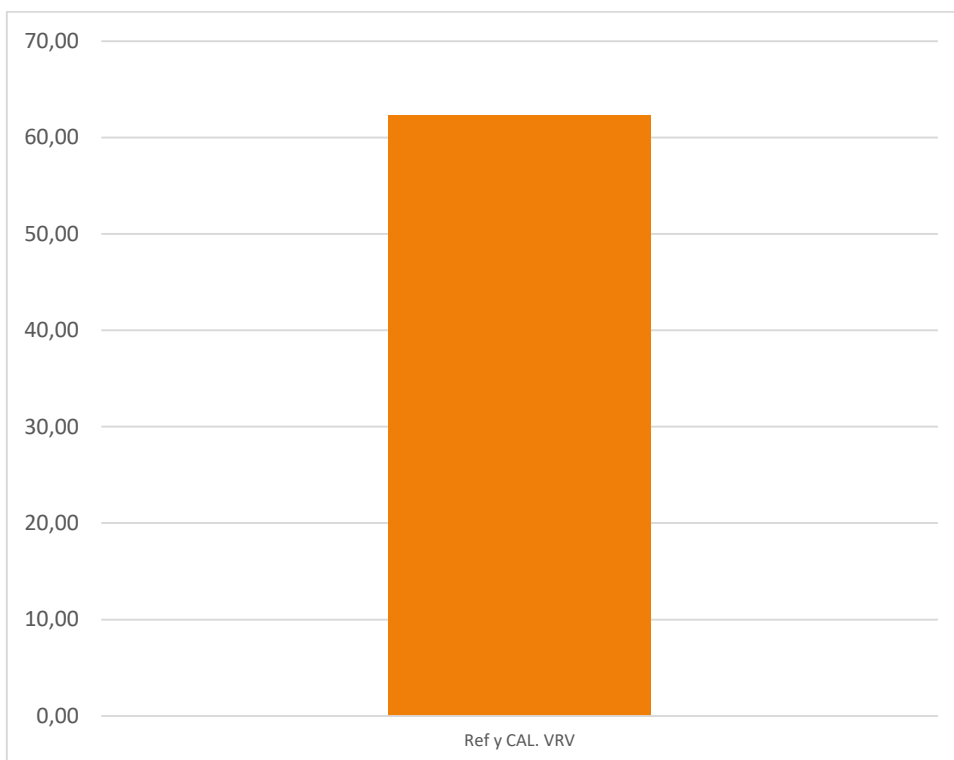
7.8.4. Simulaciones con Geotermia – m06c1203

Gráfico 7.50. Simulaciones de climatización tierra - agua / geotérmica del modelo 06, $C_{ep,nr}$ en kWh/m²-año



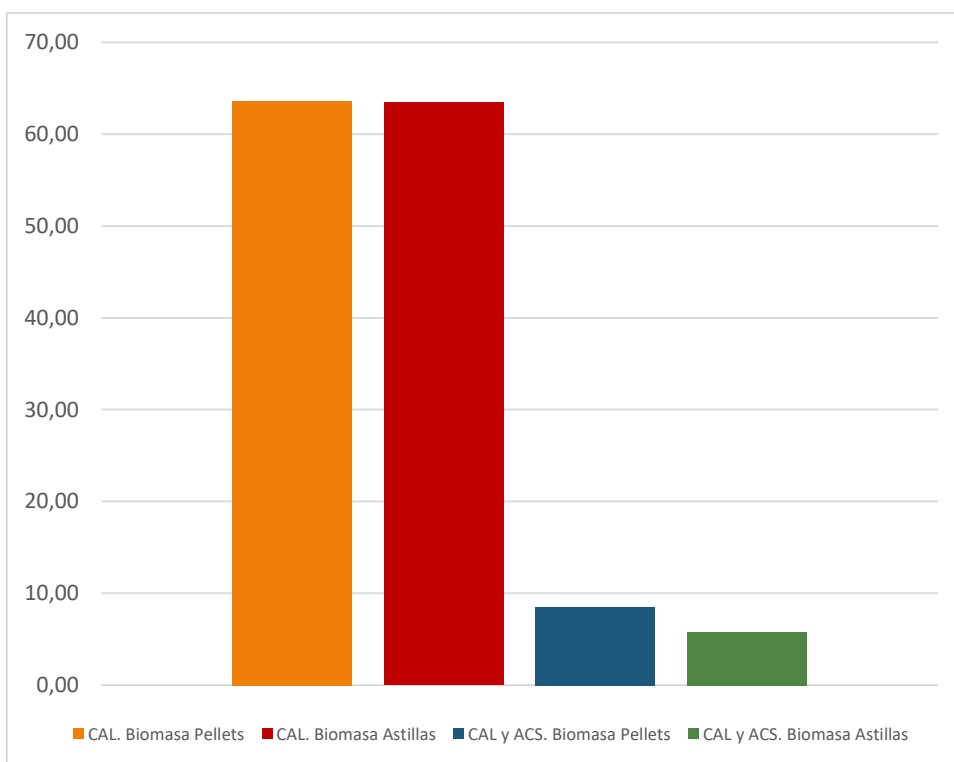
7.8.5. Simulaciones con VRV – m06c1204

Gráfico 7.51. Simulaciones de climatización / VRV del modelo 06, $C_{ep,nr}$ en kWh/m²·año



7.8.6. Simulaciones con Biomasa – m06c1205

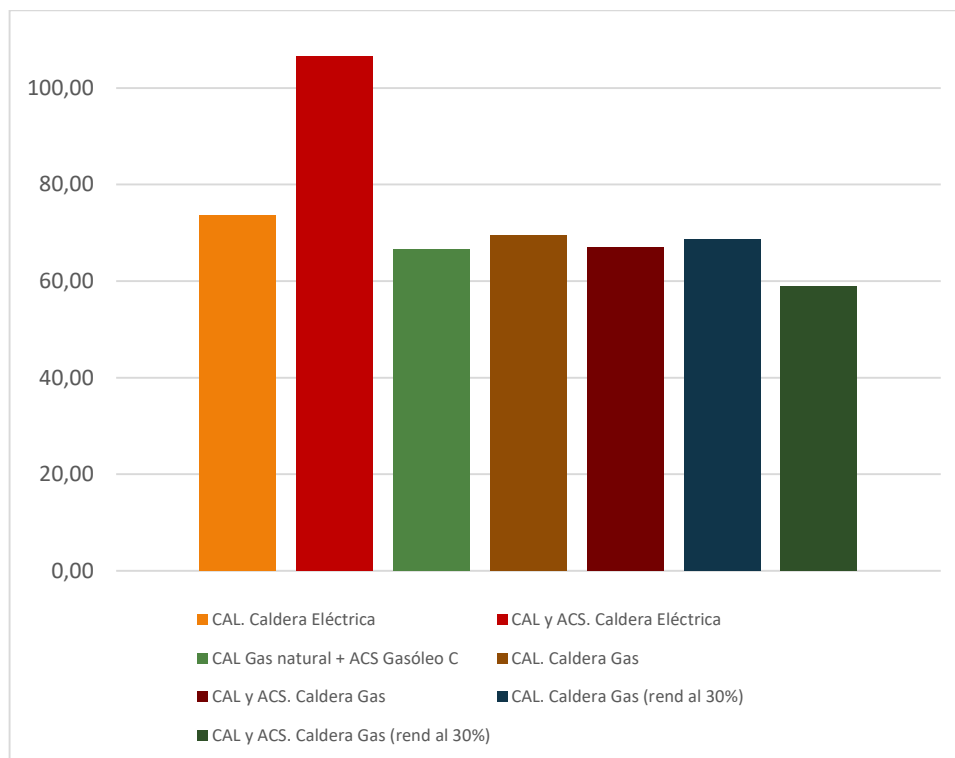
Gráfico 7.52. Simulaciones de rendimiento de instalaciones de calefacción / biomasa del modelo 06, $C_{ep,nr}$ en kWh/m²·año





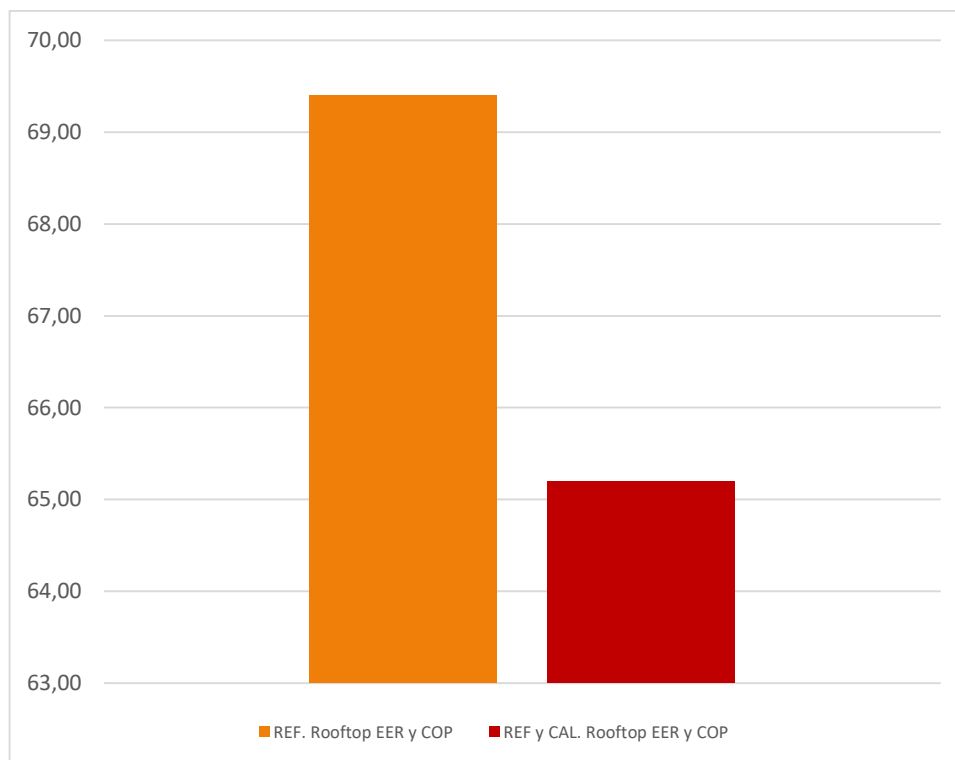
7.8.7. Simulaciones con Otros combustibles – m06c1206

Gráfico 7.53. Simulaciones de rendimiento de instalaciones de calefacción / otras del modelo 06, $C_{ep,nr}$ en $kWh/m^2 \cdot año$



7.8.8. Simulaciones con Rooftop – m06c1207

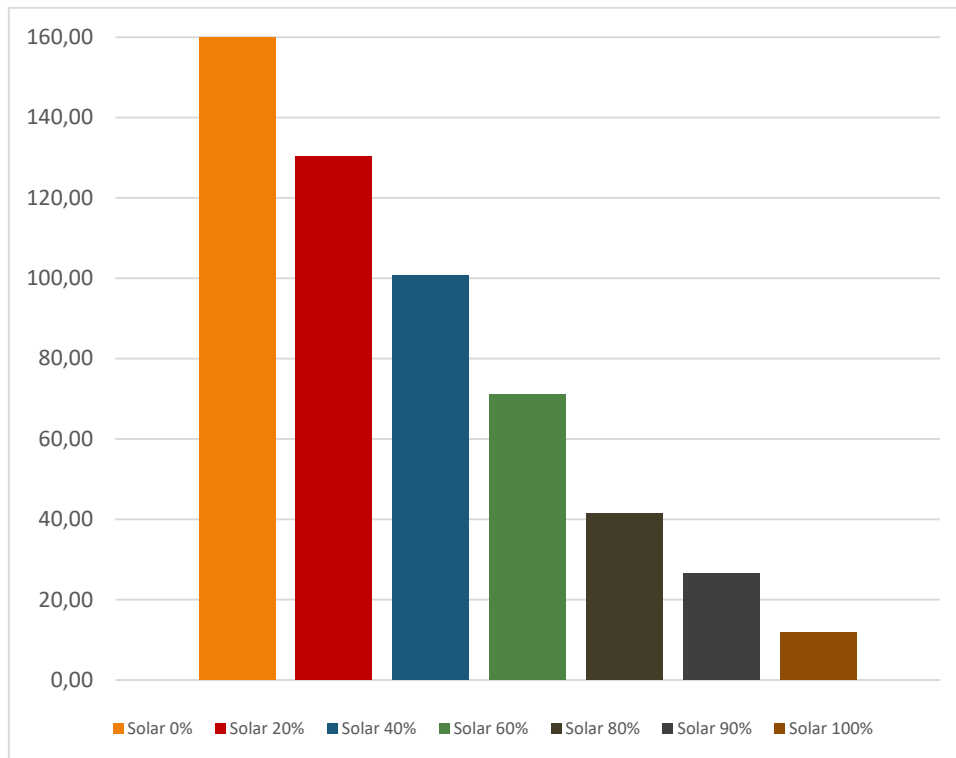
Gráfico 7.54. Simulaciones de rooftop del modelo 06, $C_{ep,nr}$ en $kWh/m^2 \cdot año$





7.8.9. Simulaciones con Solar térmica – m06c1401

Gráfico 7.55. Simulaciones de aporte solar térmica en ACS del modelo 06, $C_{ep,nr}$ en kWh/m²·año









8. Descripción de las simulaciones: Fase DELTA



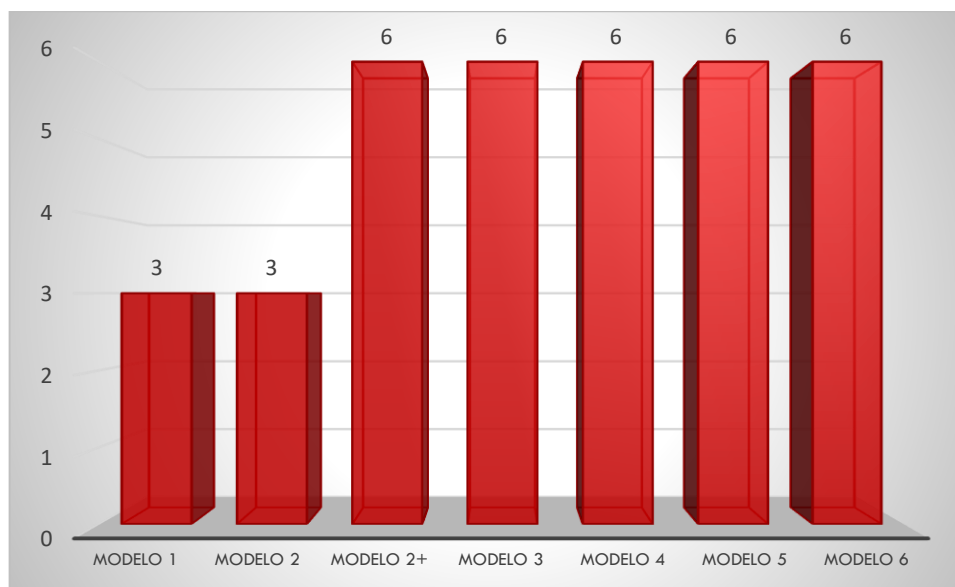


8.1. Descripción de la fase DELTA

En el presente capítulo se describen las simulaciones realizadas dentro de la fase DELTA. La fase final presenta tres escenarios por modelo, en los cuales se procede a evaluar una combinación de las soluciones estudiadas en la fase GAMMA en conjunto con un aporte de energías renovables, según el caso. Los tres escenarios contemplan un nivel progresivo de ambición, alcanzándose niveles de nZEB en dos de ellos y reduciéndose el consumo de energía primaria no renovable hasta alcanzar un valor nulo en un tercer escenario o escenario ZEB (Zero Energy Building).

Se realizaron un total de 36 simulaciones repartidas en función de los modelos según lo indicado en el Gráfico 8.1. En los modelos estudiados con EnergyPlus se realiza cada simulación de escenario dos veces, una empleando la simplificación de espacios interiores, ya definida, y la otra mediante una simulación completa. Se emplea este proceso en las simulaciones finales de las fases BETA y DELTA debido a su mayor precisión, a pesar de su complejidad de cálculo y al incremento de tiempo de procesamiento requerido en la simulación.

Gráfico 8.1. Simulaciones de la fase DELTA según modelo



La categoría de simulación empleada en la fase DELTA se recoge a continuación.

- Simulaciones finales combinadas / modelos nZEB finales

8.2. Fase Delta del modelo 01

Se detallan los posibles modelos de nZEB, tres escenarios, contemplados como solución de la metodología para el modelo 01.

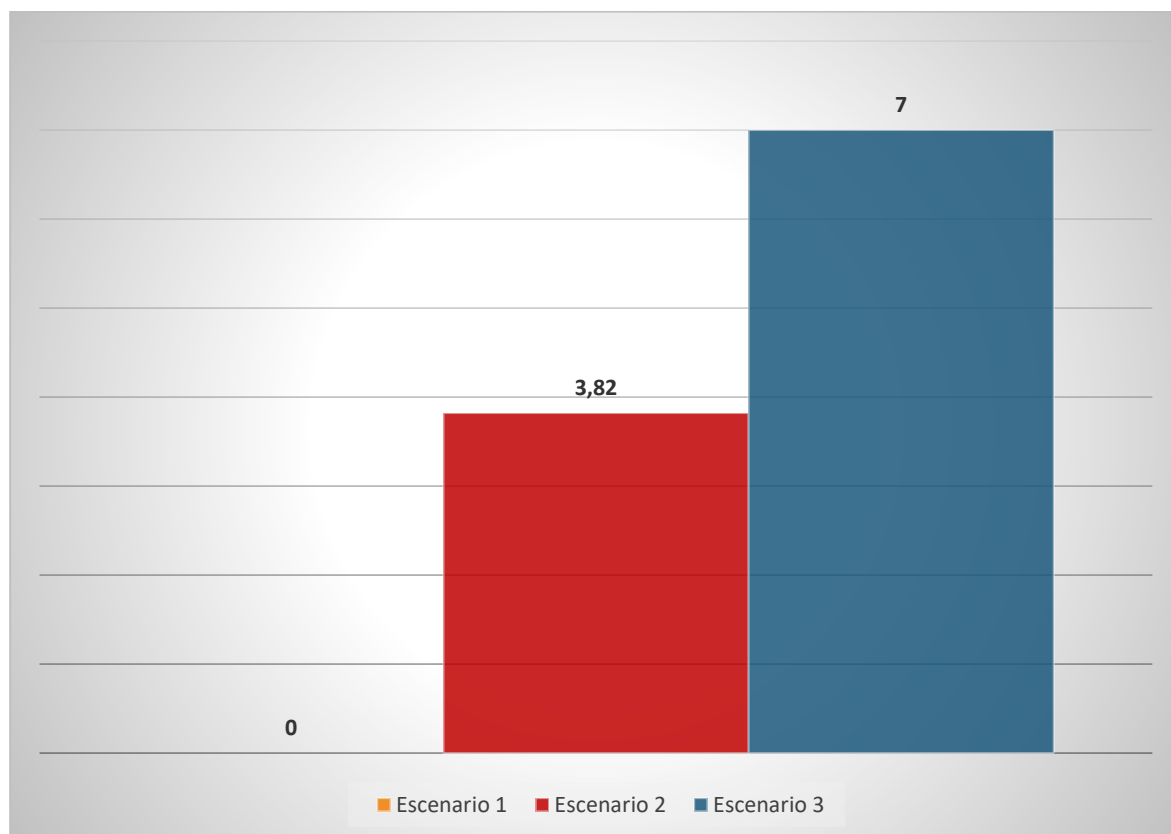
Escenario 1. Escenario de edificio 0. La climatización del modelo se realiza con una bomba de calor aerotérmica y la generación de ACS con una combinación de energía solar térmica aportando el 90% de la demanda y el resto mediante la bomba de calor. Los consumos eléctricos resultantes de la bomba de calor son suficientemente pequeños para cubrirlos mediante una instalación de energía solar fotovoltaica situada en la cubierta de la vivienda, siendo el consumo final de energía primaria no renovable 0. Los resultados del escenario pueden consultarse en la sección correspondiente.

Escenario 2. Escenario de edificio nZEB. La refrigeración del modelo se realiza mediante un sistema Hyperinverter y la calefacción y la generación de ACS mediante el uso de una caldera de biomasa alimentada por pellets. Los consumos eléctricos resultantes del sistema Hyperinverter, para la refrigeración, son cubiertos mediante una instalación de energía solar fotovoltaica. El consumo final de energía primaria no renovable es de 3,8 (kWh/(m²·a)). Los resultados del escenario pueden consultarse en la sección correspondiente.

Escenario 3. Escenario de edificio nZEB. La climatización del modelo se realiza con una bomba de calor geotérmica y la generación de ACS con una combinación de energía solar térmica aportando el 90% de la demanda y el resto mediante la bomba de calor. El consumo final de energía primaria no renovable es de 7 (kWh/(m²·a)). Los resultados del escenario pueden consultarse en la sección correspondiente.

Los 3 escenarios contemplados para el modelo 01 son los siguientes:

Gráfico 8.2. Escenarios del modelo 01, $C_{ep,nr}$ en kWh/m²·año





8.2.1. Escenario 1: Aerotermia + Fotovoltaica + Solar térmica

Tabla 8.1. Escenario 1 del modelo 01

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año	
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/año)	(kWh/(m ² -a))
Demanda energética	C	-157,9	-91,8	-51	-3,7	-6,8	0	0	0	0	0	-16,2	-131,6	-459	-5,6
	R	0	0	0	0	0	-100,2	-283	-301,9	-169,4	0	0	0	-854,5	-10,4
	ACS	-205,6	-182,1	-197,5	-183,4	-181,4	-163,9	-161,3	-161,3	-163,9	-181,4	-187,3	-205,6	-2174,5	-26,5
	TOTAL	-363,5	-273,9	-248,5	-187	-188,2	-264,1	-444,2	-463,2	-333,2	-181,4	-203,5	-337,2	-3488	-42,5
Solar térmica	EA_{ACS}	172	182,1	197,5	183,4	181,4	163,9	161,3	161,3	163,9	181,4	179,2	153,4	2080,6	25,4
	EF	236,3	250,2	271,1	252,7	249	221,2	215,6	215,7	220,2	248,4	246,7	210	2837	34,6
	%D_{ACS}	83,7	100	100	100	100	100	100	100	100	100	95,7	74,6	96,1	
Solar fotovoltaica (f_{cep} = 1,954)	EA_C	157,9	91,8	51	3,7	6,8	0	0	0	0	0	16,2	131,6	459	5,6
	EA_{ACS}	33,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,1	52,2	93,9	1,1
	EA_R	0	0	0	0	0	100,2	283	301,9	169,4	0	0	0	854,5	10,4
	EF	40,8	18,4	10,2	0,7	1,4	20	56,6	60,4	33,9	0	5,5	40,6	288,5	3,5
	%D_C	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	100	100	58,1	
	%D_{ACS}	16,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,3	25,4	3,9	
	%D_R	0	0	0	0	0	100	100	100	100	0	0	0	33,4	
C_{ef,tot}	277,1	268,5	281,3	253,4	250,4	241,2	272,2	276,1	254,1	248,4	252,2	250,6	3125,5	38,1	
C_{ep,ren}	277,1	268,5	281,3	253,4	250,4	241,2	272,2	276,1	254,1	248,4	252,2	250,6	3125,5	38,1	
C_{ep,nr}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

S_u: Superficie habitable del edificio, m².

V: Volumen neto habitable del edificio, m³.

D_C: Demanda de energía útil correspondiente al servicio de calefacción, kWh.

D_R: Demanda de energía útil correspondiente al servicio de refrigeración, kWh.

D_{ACS}: Demanda de energía útil correspondiente al servicio de ACS, kWh.

f_{cep}: Factor de conversión de energía final a energía primaria procedente de fuentes no renovables.

EA: Energía útil aportada, kWh.

EF: Energía final consumida por el sistema en punto de consumo, kWh.

EP_{ren}: Consumo energético de energía primaria de origen renovable, kWh.

EP_{nr}: Consumo energético de energía primaria de origen no renovable, kWh.

%D: Porcentaje cubierto de la demanda energética total del servicio asociado por el vector energético de origen renovable.

C_{ef,tot}: Consumo energético total de energía en punto de consumo, kWh/(m²-año).

C_{ep,ren}: Consumo energético total de energía primaria de origen renovable, kWh/(m²-año).

C_{ep,nr}: Consumo energético total de energía primaria de origen no renovable, kWh/(m²-año).



Gráfico 8.3. Consumo energético anual del escenario 1 modelo 01, en kWh

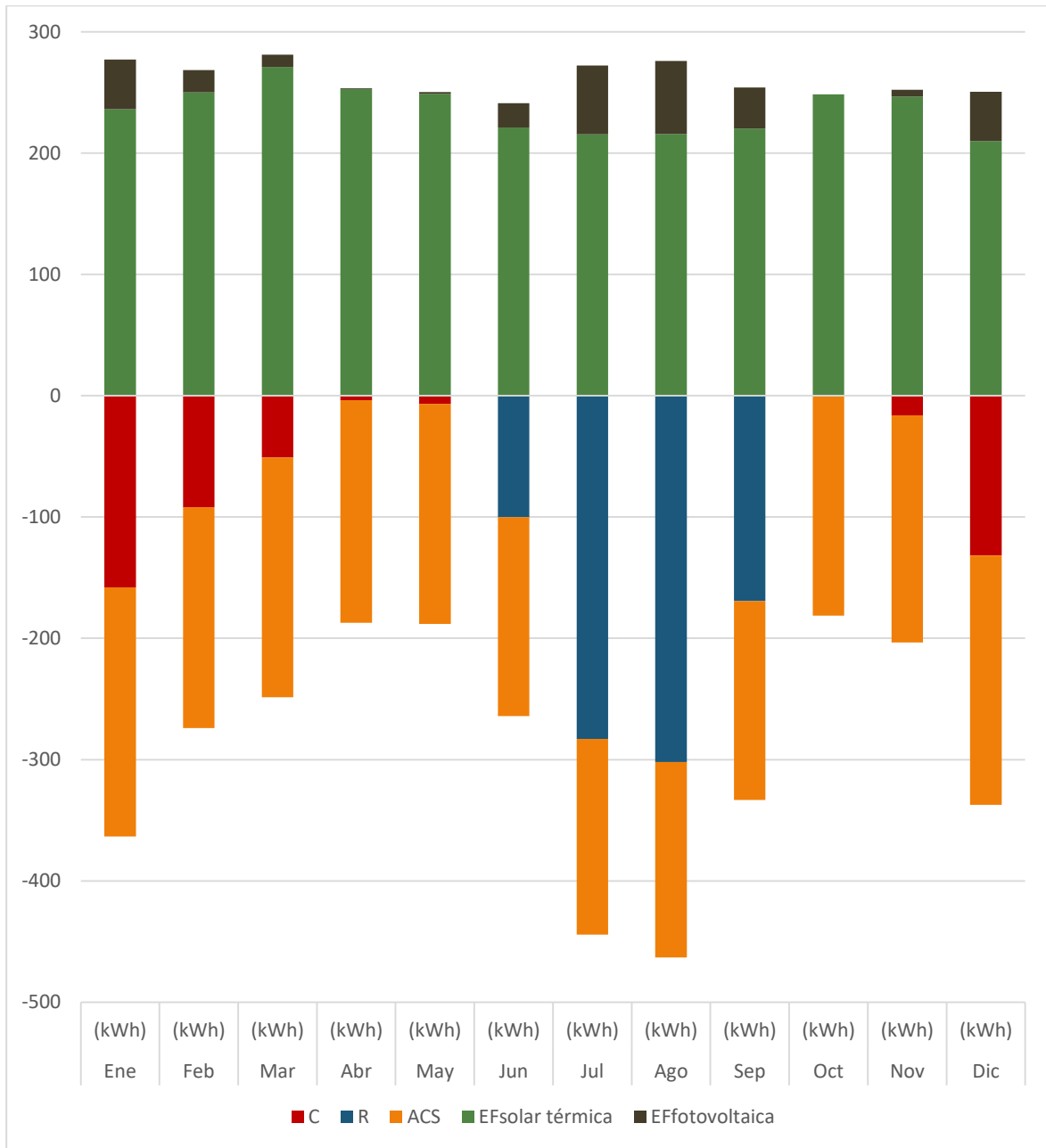
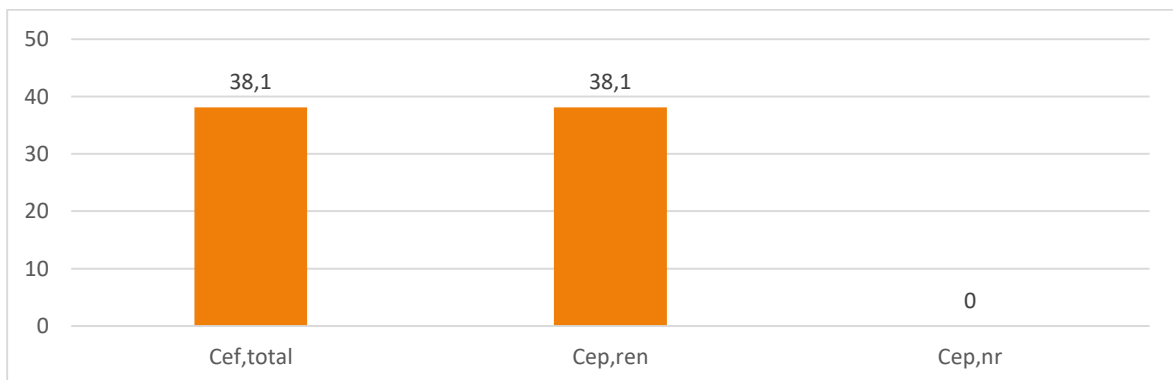


Gráfico 8.4. Desglose del consumo de energía en función de si la fuente es renovable del escenario 1 modelo 01, en kWh/m²-año





8.2.2. Escenario 2: Hyperinverter + Fotovoltaica + Biomasa

Tabla 8.2. Escenario 2 del modelo 01

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año	
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/año)	(kWh/(m ² ·a))
Demanda energética	C	-157,9	-91,8	-51	-3,7	-6,8	0	0	0	0	0	-16,2	-131,6	-459	-5,6
	R	0	0	0	0	0	-100,2	-283	-301,9	-169,4	0	0	0	-854,5	-10,4
	ACS	-205,6	-182,1	-197,5	-183,4	-181,4	-163,9	-161,3	-161,3	-163,9	-181,4	-187,3	-205,6	-2174,5	-26,5
	TOTAL	-363,5	-273,9	-248,5	-187	-188,2	-264,1	-444,2	-463,2	-333,2	-181,4	-203,5	-337,2	-3488	-42,5
Biomasa densificada (pellets) (fcep = 0,085)	EA_C	157,9	91,8	51	3,7	6,8	0	0	0	0	0	16,2	131,6	459	5,6
	EA_{ACS}	205,6	182,1	197,5	183,4	181,4	163,9	161,3	161,3	163,9	181,4	187,3	205,6	2174,5	26,5
	EF	473,5	367,7	346,3	275,7	275,1	237,9	231,8	231,9	236,8	267,1	294,7	444,2	3682,6	44,9
	%D_C	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	100	100	58,1	
	%D_{ACS}	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
	EP_{nr}	40,2	31,3	29,4	23,4	23,4	20,2	19,7	19,7	20,1	22,7	25	37,8	313	3,8
Solar fotovoltaica (fcep = 1,954)	EA_R	0	0	0	0	0	100,2	283	301,9	169,4	0	0	0	854,5	10,4
	EF	0	0	0	0	0	16,7	47,2	50,3	28,2	0	0	0	142,4	1,7
	%D_R	0	0	0	0	0	100	100	100	100	0	0	0	33,4	
C_{ef,total}	473,5	367,7	346,3	275,7	275,1	254,6	279	282,3	265	267,1	294,7	444,2	3825	46,7	
C_{ep,ren}	486,7	378	356	283,4	282,8	261,2	285,5	288,7	271,6	274,6	302,9	456,7	3928,2	47,9	
C_{ep,nr}	40,2	31,3	29,4	23,4	23,4	20,2	19,7	19,7	20,1	22,7	25	37,8	313	3,8	

S_u: Superficie habitable del edificio, m².

V: Volumen neto habitable del edificio, m³.

D_C: Demanda de energía útil correspondiente al servicio de calefacción, kWh.

D_R: Demanda de energía útil correspondiente al servicio de refrigeración, kWh.

D_{ACS}: Demanda de energía útil correspondiente al servicio de ACS, kWh.

f_{cep}: Factor de conversión de energía final a energía primaria procedente de fuentes no renovables.

EA: Energía útil aportada, kWh.

EF: Energía final consumida por el sistema en punto de consumo, kWh.

EP_{ren}: Consumo energético de energía primaria de origen renovable, kWh.

EP_{nr}: Consumo energético de energía primaria de origen no renovable, kWh.

%D: Porcentaje cubierto de la demanda energética total del servicio asociado por el vector energético de origen renovable.

C_{ef,total}: Consumo energético total de energía en punto de consumo, kWh/(m²·año).

C_{ep,ren}: Consumo energético total de energía primaria de origen renovable, kWh/(m²·año).

C_{ep,nr}: Consumo energético total de energía primaria de origen no renovable, kWh/(m²·año).

Gráfico 8.5. Consumo energético anual del escenario 2 modelo 01, en kWh

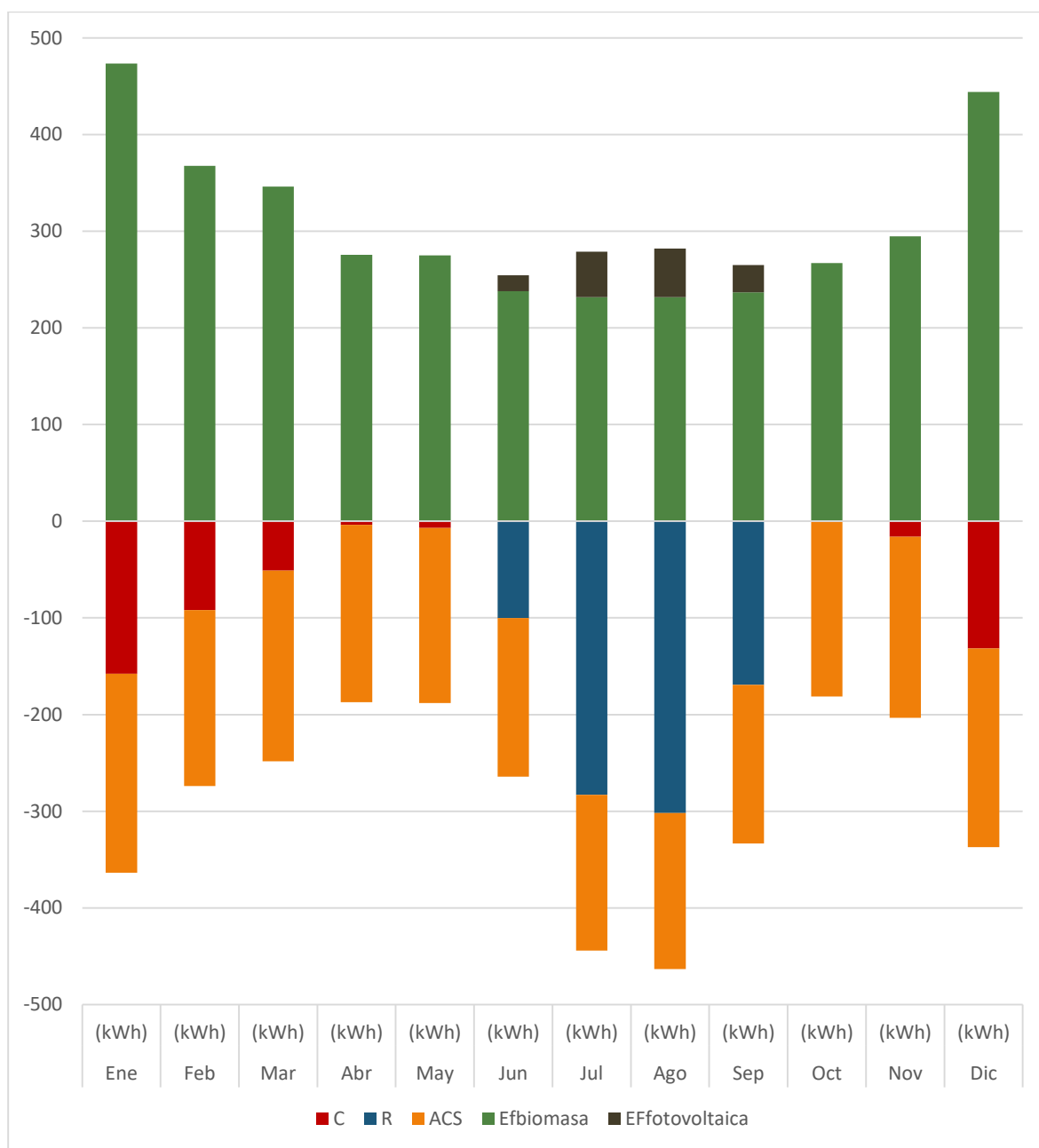
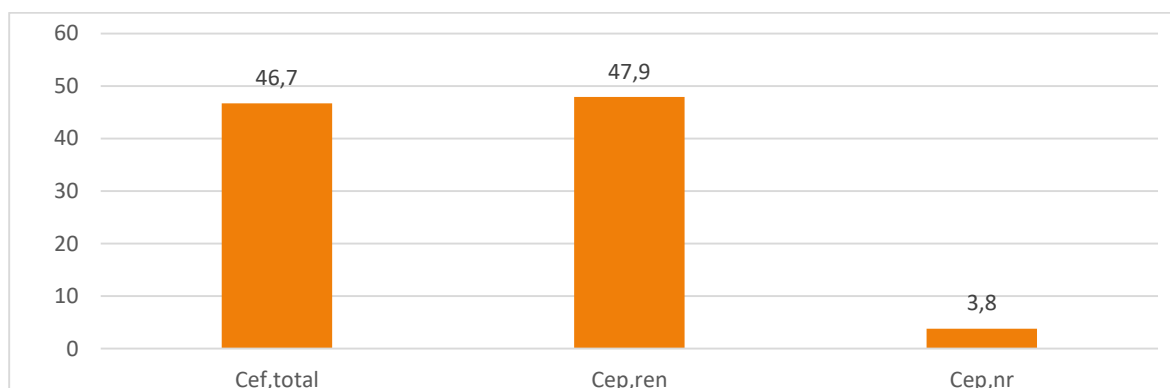


Gráfico 8.6. Desglose del consumo de energía en función de si la fuente es renovable del escenario 2 modelo 01, en kWh/m²-año





8.2.3. Escenario 3: Geotermia + Solar térmica

Tabla 8.3. Escenario 3 del modelo 01

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año	
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/año)	(kWh/(m ² ·a))
Demanda energética	C	-157,9	-91,8	-51	-3,7	-6,8	0	0	0	0	0	-16,2	-131,6	-459	-5,6
	R	0	0	0	0	0	-100,2	-283	-301,9	-169,4	0	0	0	-854,5	-10,4
	ACS	-205,6	-182,1	-197,5	-183,4	-181,4	-163,9	-161,3	-161,3	-163,9	-181,4	-187,3	-205,6	-2174,5	-26,5
	TOTAL	-363,5	-273,9	-248,5	-187	-188,2	-264,1	-444,2	-463,2	-333,2	-181,4	-203,5	-337,2	-3488	-42,5
Solar térmica	EA_{ACS}	185	163,9	177,8	165	163,3	147,5	145,1	145,1	147,5	163,3	168,5	185	1957	23,9
	EF_{Solar térmica}	254,2	225,2	244	227,4	224,1	199,1	194	194,1	198,2	223,6	232,1	253,4	2669,2	32,6
	%D_{ACS}	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
Electricidad (f_{cep} = 1,954)	EA_C	157,9	91,8	51	3,7	6,8	0	0	0	0	0	16,2	131,6	459	5,6
	EA_{ACS}	20,6	18,2	19,8	18,3	18,1	16,4	16,1	16,1	16,4	18,1	18,7	20,6	217,4	2,7
	EA_R	0	0	0	0	0	100,2	283	301,9	169,4	0	0	0	854,5	10,4
	EF_{Electricidad}	37,2	23,4	15,6	5,8	6,3	21,1	51,5	54,6	32,6	5	8,4	31,9	293,5	3,6
	EP_{ren}	15,4	9,7	6,5	2,4	2,6	8,7	21,3	22,6	13,5	2,1	3,5	13,2	121,5	1,5
	EP_{nr}	72,8	45,7	30,5	11,3	12,4	41,3	100,6	106,8	63,8	9,7	16,4	62,4	573,6	7
C_{ef,tot}	291,4	248,5	259,6	233,2	230,4	220,2	245,5	248,8	230,8	228,5	240,5	285,3	2962,8	36,1	
C_{ep,ren}	269,6	234,8	250,4	229,8	226,7	207,8	215,3	216,7	211,7	225,6	235,5	266,6	2790,7	34	
C_{ep,nr}	72,8	45,7	30,5	11,3	12,4	41,3	100,6	106,8	63,8	9,7	16,4	62,4	573,6	7	

- V: Volumen neto habitable del edificio, m³.
- D_C: Demanda de energía útil correspondiente al servicio de calefacción, kWh.
- D_R: Demanda de energía útil correspondiente al servicio de refrigeración, kWh.
- D_{ACS}: Demanda de energía útil correspondiente al servicio de ACS, kWh.
- f_{cep}: Factor de conversión de energía final a energía primaria procedente de fuentes no renovables.
- EA: Energía útil aportada, kWh.
- EF: Energía final consumida por el sistema en punto de consumo, kWh.
- EP_{ren}: Consumo energético de energía primaria de origen renovable, kWh.
- EP_{nr}: Consumo energético de energía primaria de origen no renovable, kWh.
- %D: Porcentaje cubierto de la demanda energética total del servicio asociado por el vector energético de origen renovable.
- C_{ef,tot}: Consumo energético total de energía en punto de consumo, kWh/(m²·año).
- C_{ep,ren}: Consumo energético total de energía primaria de origen renovable, kWh/(m²·año).
- C_{ep,nr}: Consumo energético total de energía primaria de origen no renovable, kWh/(m²·año).

Gráfico 8.7. Consumo energético anual del escenario 3 modelo 01, en kWh

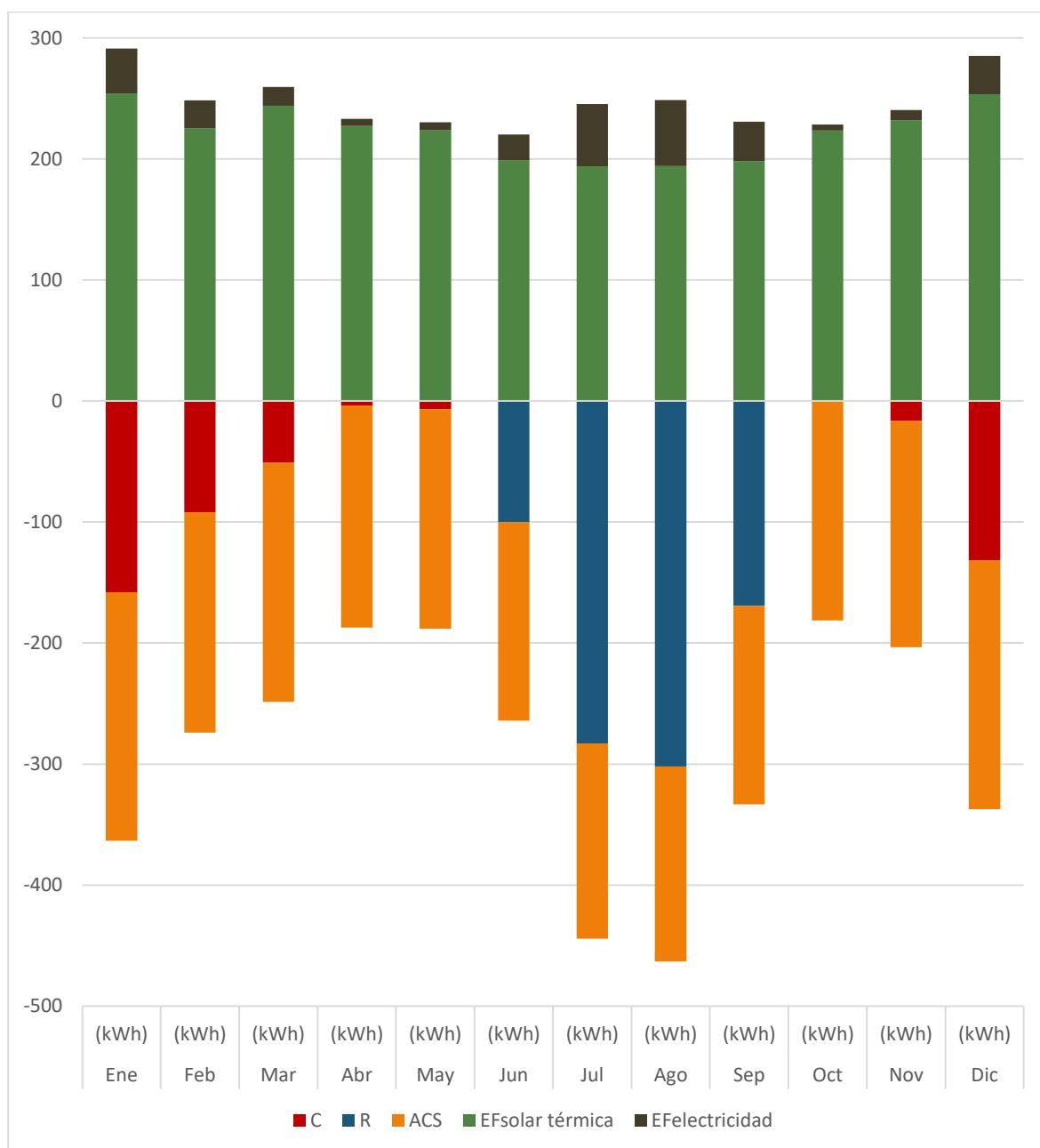
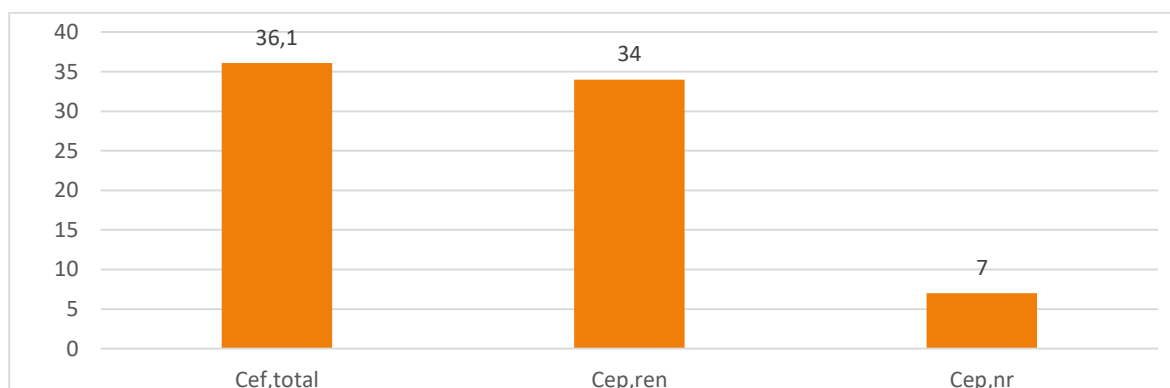


Gráfico 8.8. Desglose del consumo de energía en función de si la fuente es renovable del escenario 3 modelo 01, en kWh/m²-año





8.3. Fase Delta del modelo 02

Se detallan los posibles modelos de nZEB, tres escenarios, contemplados como solución de la metodología para el modelo 02.

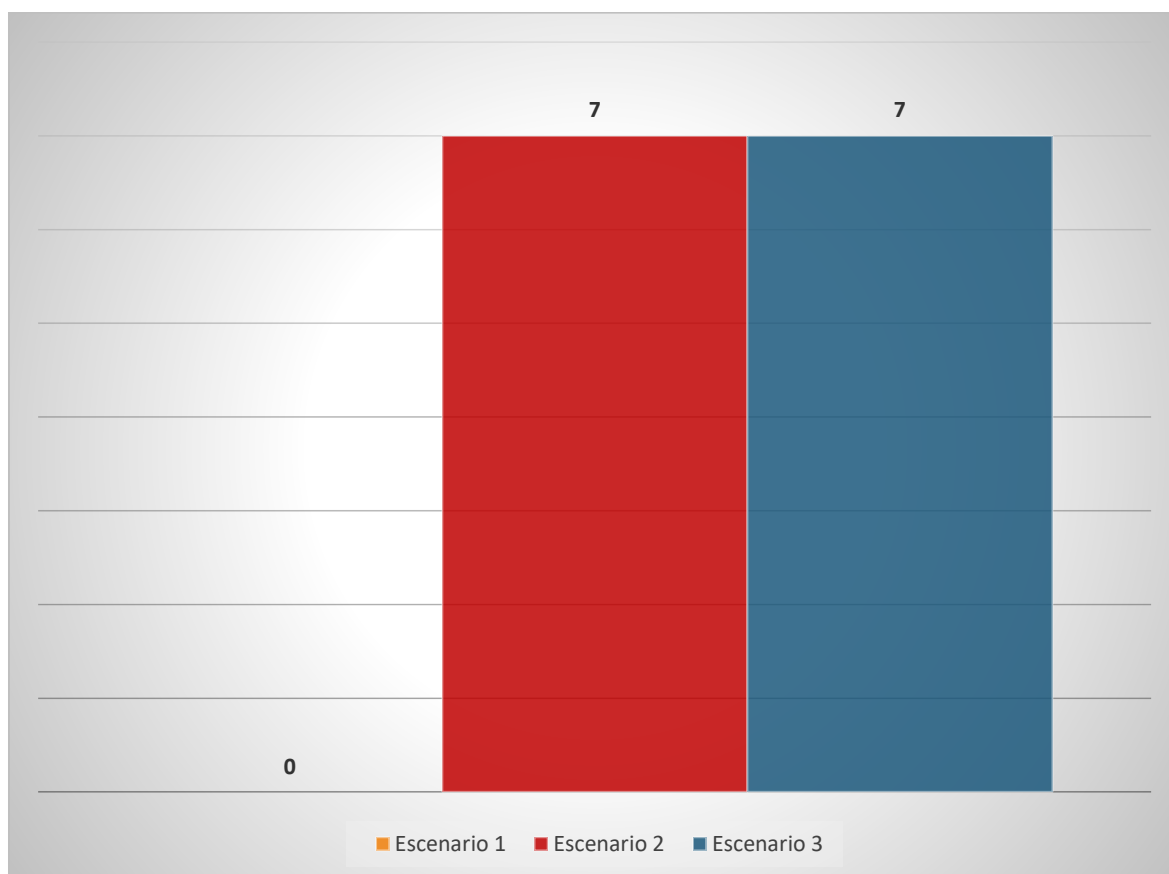
Escenario 1. Escenario de edificio 0. La climatización del modelo se realiza con una bomba de calor aerotérmica y la generación de ACS con una combinación de energía solar térmica aportando el 90% de la demanda y el resto mediante la bomba de calor. Los consumos eléctricos resultantes de la bomba de calor son suficientemente pequeños para cubrirlos mediante una instalación de energía solar fotovoltaica situada en la cubierta de la vivienda, siendo el consumo final de energía primaria no renovable 0. Los resultados del escenario pueden consultarse en la sección correspondiente.

Escenario 2. Escenario de edificio nZEB. La refrigeración del modelo se realiza mediante un sistema hyperinverter y la calefacción y la generación de ACS mediante el uso de una caldera de biomasa alimentada por pellets. El consumo final de energía primaria no renovable es de 7 (kWh/(m²·a)). Los resultados del escenario pueden consultarse en la sección correspondiente.

Escenario 3. Escenario de edificio nZEB. La climatización del modelo se realiza con una bomba de calor geotérmica y la generación de ACS con una combinación de energía solar térmica aportando el 90% de la demanda y el resto mediante la bomba de calor. El consumo final de energía primaria no renovable es de 7 (kWh/(m²·a)). Los resultados del escenario pueden consultarse en la sección correspondiente.

Los 3 escenarios contemplados para el modelo 02 son los siguientes:

Gráfico 8.9. Escenarios del modelo 02, $C_{ep,nr}$ en kWh/m²·año



8.3.1. Escenario 1: Aerotermia + Fotovoltaica + Solar térmica

Tabla 8.4. Escenario 1 del modelo 02

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año	
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/año)	(kWh/(m ² ·a))
Demanda energética	C	-314,3	-182,9	-104,3	-21,3	-18,8	0	0	0	0	0	-46,5	-267	-955	-6,5
	R	0	0	0	0	0	-190	-520,2	-523,4	-279,1	0	0	0	-1512,7	-10,3
	ACS	-308,4	-273,1	-296,3	-275	-272,1	-245,8	-241,9	-241,9	-245,8	-272,1	-280,9	-308,4	-3261,7	-22,3
	TOTAL	-622,7	-456	-400,6	-296,3	-290,9	-435,8	-762	-765,3	-524,9	-272,1	-327,4	-575,4	-5729,4	-39,2
Solar térmica	EA_{ACS}	277,6	245,8	266,7	247,5	244,9	221,2	217,7	217,7	221,2	244,9	252,8	277,6	2935,5	20,1
	EF	346,7	307,1	332,9	309,9	305,7	272,8	266,6	266,7	271,9	305,2	316,3	345,9	3647,7	25
	%D_{ACS}	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
Solar fotovoltaica (fcep 1,954)	EA_C	314,3	182,9	104,3	21,3	18,8	0	0	0	0	0	46,5	267	955	6,5
	EA_{ACS}	30,8	27,3	29,6	27,5	27,2	24,6	24,2	24,2	24,6	27,2	28,1	30,8	326,2	2,2
	EA_R	0	0	0	0	0	190	520,2	523,4	279,1	0	0	0	1512,7	10,3
	EF	70,6	43,4	28,2	11,1	10,6	44,1	110	110,6	61,9	6,8	16,3	61,1	574,6	3,9
	%D_C	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	100	100	58,1	
	%D_{ACS}	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	%D_R	0	0	0	0	0	100	100	100	100	0	0	0	33,4	
C_{ef,tot}	417,2	350,5	361,1	321,1	316,3	316,9	376,5	377,3	333,8	312	332,7	407	4222,3	28,9	
C_{ep,ren}	417,2	350,5	361,1	321,1	316,3	316,9	376,5	377,3	333,8	312	332,7	407	4222,3	28,9	
C_{ep,nr}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

- S_u: Superficie habitable del edificio, m²,
V: Volumen neto habitable del edificio, m³,
D_C: Demanda de energía útil correspondiente al servicio de calefacción, kWh,
D_R: Demanda de energía útil correspondiente al servicio de refrigeración, kWh,
D_{ACS}: Demanda de energía útil correspondiente al servicio de ACS, kWh,
f_{cep}: Factor de conversión de energía final a energía primaria procedente de fuentes no renovables,
EA: Energía útil aportada, kWh,
EF: Energía final consumida por el sistema en punto de consumo, kWh,
EP_{ren}: Consumo energético de energía primaria de origen renovable, kWh,
EP_{nr}: Consumo energético de energía primaria de origen no renovable, kWh,
%D: Porcentaje cubierto de la demanda energética total del servicio asociado por el vector energético de origen renovable,
C_{ef,tot}: Consumo energético total de energía en punto de consumo, kWh/(m²·año),
C_{ep,ren}: Consumo energético total de energía primaria de origen renovable, kWh/(m²·año),
C_{ep,nr}: Consumo energético total de energía primaria de origen no renovable, kWh/(m²·año),



Gráfico 8.10. Consumo energético anual del escenario 1 modelo 02, en kWh

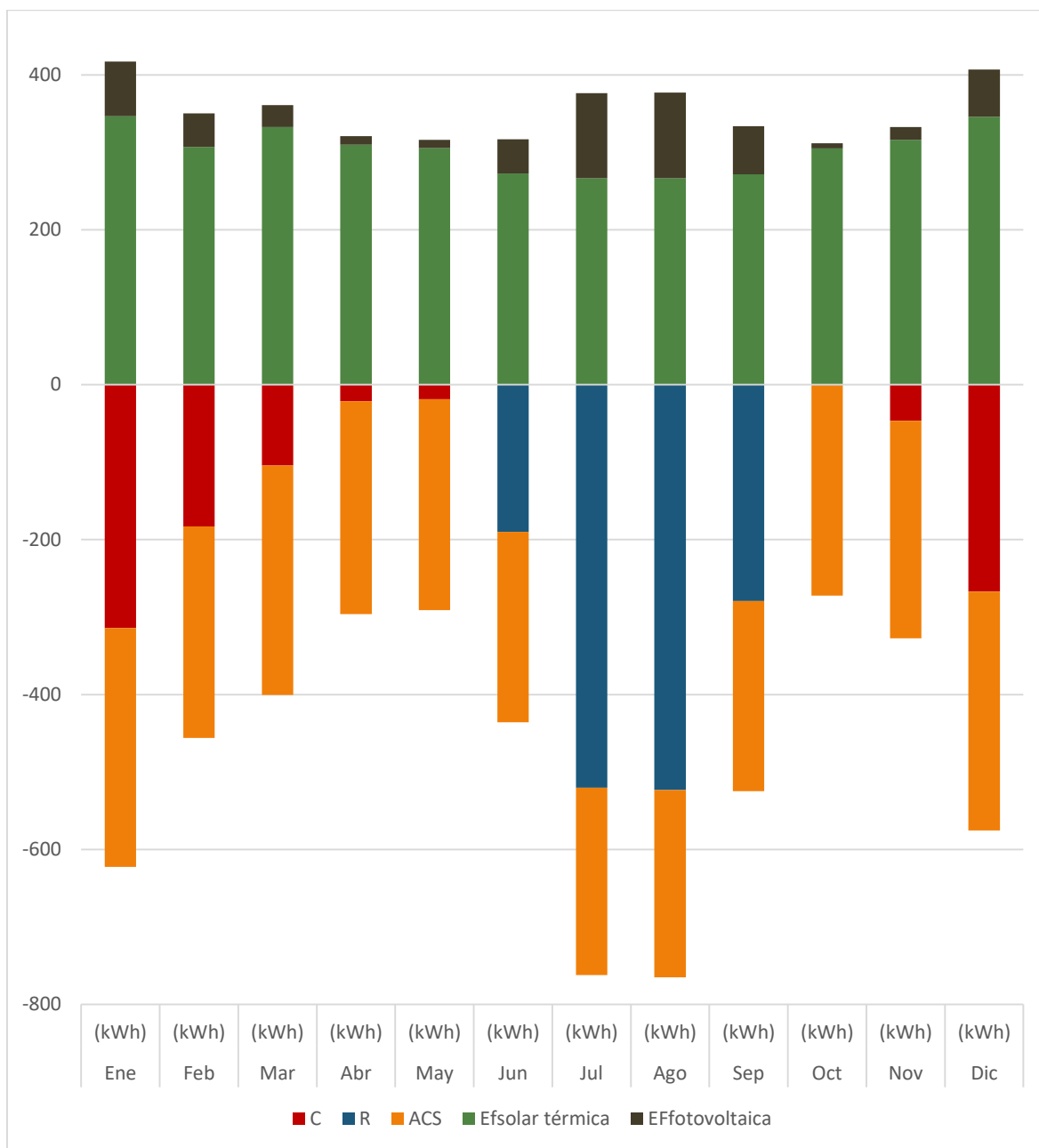
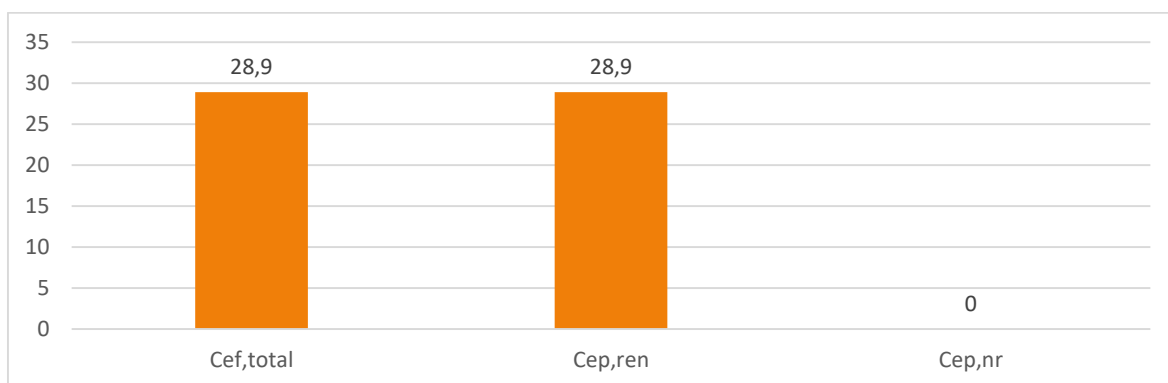


Gráfico 8.11. Desglose del consumo de energía en función de si la fuente es renovable del escenario 1 modelo 02, en kWh/m²-año



8.3.2. Escenario 2: Hyperinverter + Biomasa

Tabla 8.5. Escenario 2 del modelo 02

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año	
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/año)	(kWh/(m ² ·a))
Demanda energética	C	-314,3	-182,9	-104,3	-21,3	-18,8	0	0	0	0	0	-46,5	-267	-955	-6,5
	R	0	0	0	0	0	-190	-520,2	-523,4	-279,1	0	0	0	-1512,7	-10,3
	ACS	-308,4	-273,1	-296,3	-275	-272,1	-245,8	-241,9	-241,9	-245,8	-272,1	-280,9	-308,4	-3261,7	-22,3
	TOTAL	-622,7	-456	-400,6	-296,3	-290,9	-435,8	-762	-765,3	-524,9	-272,1	-327,4	-575,4	-5729,4	-39,2
Biomasa densificada (pellets) (fcep = 0,085)	EA_C	314,3	182,9	104,3	21,3	18,8	0	0	0	0	0	46,5	267	955	6,5
	EA_{ACS}	308,4	273,1	296,3	275	272,1	245,8	241,9	241,9	245,8	272,1	280,9	308,4	3261,7	22,3
	EF	752,1	563,6	509,8	393,2	385,5	325,9	318,5	318,6	324,9	364,6	427,9	700,4	5385	36,8
	%D_C	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	100	100	58,1	
	%D_{ACS}	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
	EP_{nr}	63,9	47,9	43,3	33,4	32,8	27,7	27,1	27,1	27,6	31	36,4	59,5	457,7	3,1
Electricidad (fcep = 1,954)	EA_R	0	0	0	0	0	190	520,2	523,4	279,1	0	0	0	1512,7	10,3
	EF	0	0	0	0	0	32,7	105,9	98,9	51,4	0	0	0	288,9	2
	EP_{ren}	0	0	0	0	0	13,5	43,8	40,9	21,3	0	0	0	119,6	0,8
	EP_{nr}	0	0	0	0	0	63,9	207	193,2	100,4	0	0	0	564,5	3,9
C_{ef,tot}	752,1	563,6	509,8	393,2	385,5	358,7	424,4	417,5	376,2	364,6	427,9	700,4	5673,9	38,8	
C_{ep,ren}	773,2	579,4	524,1	404,2	396,3	348,6	371,3	368,5	355,2	374,8	439,9	720	5655,4	38,7	
C_{ep,nr}	63,9	47,9	43,3	33,4	32,8	91,7	234	220,3	128	31	36,4	59,5	1022,3	7	

- D_C: Demanda de energía útil correspondiente al servicio de calefacción, kWh,
D_R: Demanda de energía útil correspondiente al servicio de refrigeración, kWh,
D_{ACS}: Demanda de energía útil correspondiente al servicio de ACS, kWh,
f_{cep}: Factor de conversión de energía final a energía primaria procedente de fuentes no renovables,
EA: Energía útil aportada, kWh,
EF: Energía final consumida por el sistema en punto de consumo, kWh,
EP_{ren}: Consumo energético de energía primaria de origen renovable, kWh,
EP_{nr}: Consumo energético de energía primaria de origen no renovable, kWh,
%D: Porcentaje cubierto de la demanda energética total del servicio asociado por el vector energético de origen renovable,
C_{ef,tot}: Consumo energético total de energía en punto de consumo, kWh/(m²·año),
C_{ep,ren}: Consumo energético total de energía primaria de origen renovable, kWh/(m²·año),
C_{ep,nr}: Consumo energético total de energía primaria de origen no renovable, kWh/(m²·año),



Gráfico 8.12. Consumo energético anual del escenario 2 modelo 02, en kWh

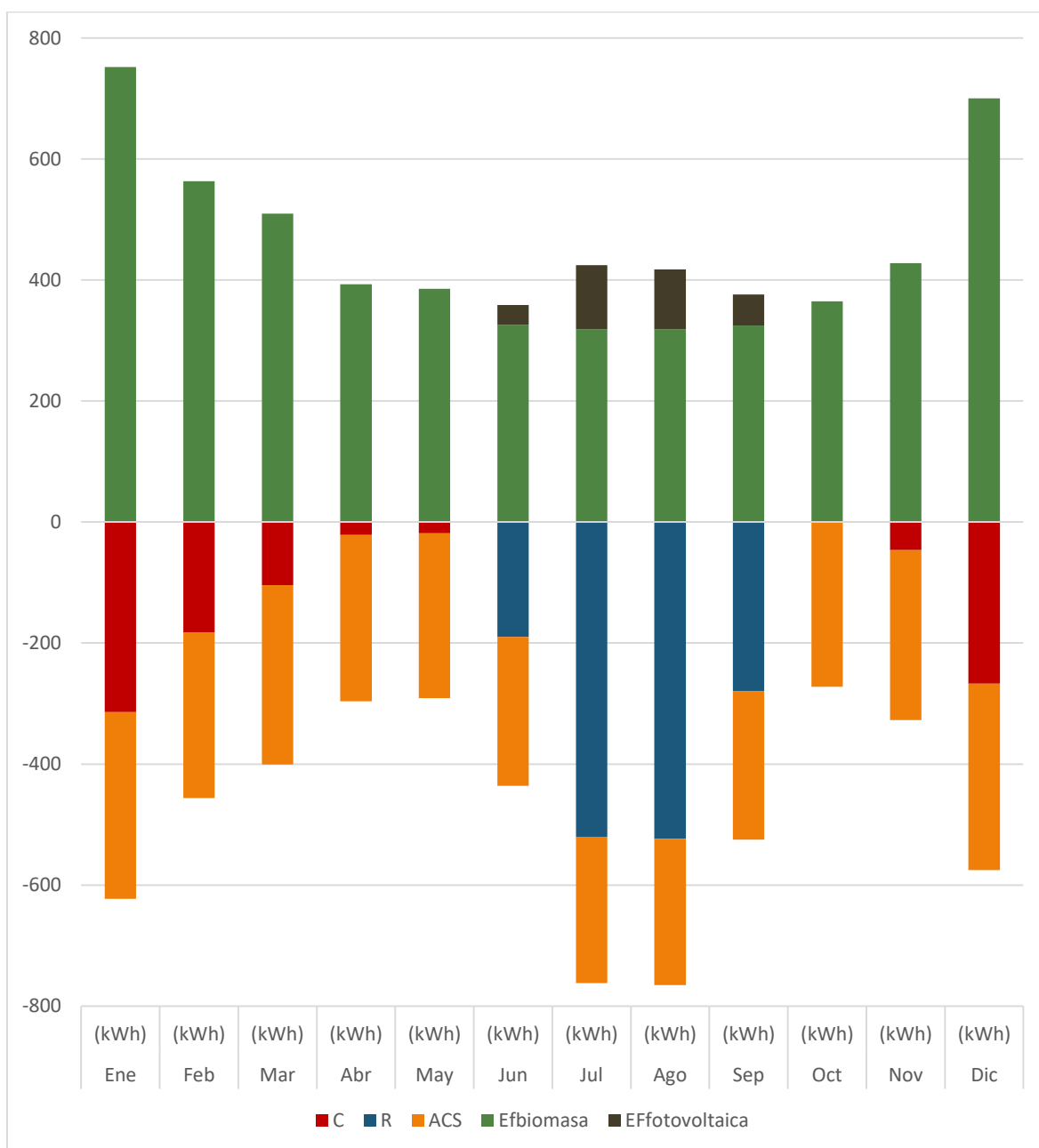
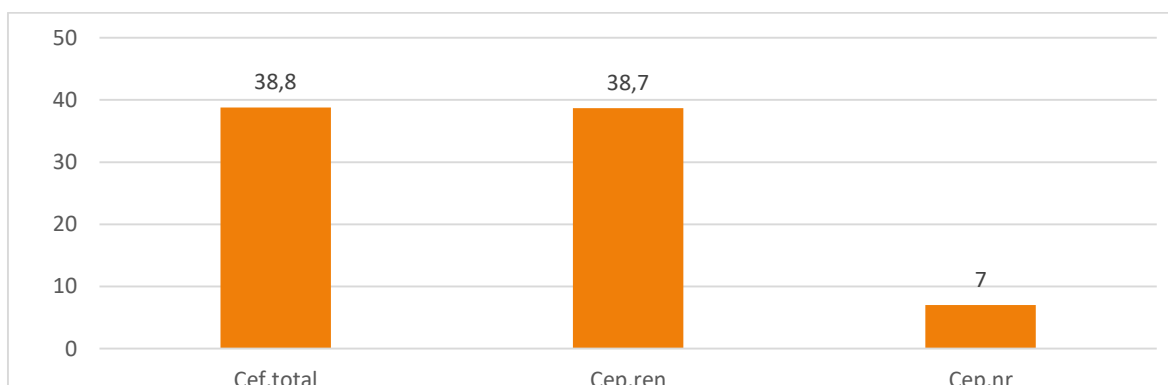


Gráfico 8.13. Desglose del consumo de energía en función de si la fuente es renovable del escenario 2 modelo 02, en kWh/m²-año



8.3.3. Escenario 3: Geotermia + Solar térmica

Tabla 8.6. Escenario 3 del modelo 02

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año	
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/año)	(kWh/(m ² ·a))
Demanda energética	C	-314,3	-182,9	-104,3	-21,3	-18,8	0	0	0	0	0	-46,5	-267	-955	-6,5
	R	0	0	0	0	0	-190	-520,2	-523,4	-279,1	0	0	0	-1512,7	-10,3
	ACS	-308,4	-273,1	-296,3	-275	-272,1	-245,8	-241,9	-241,9	-245,8	-272,1	-280,9	-308,4	-3261,7	-22,3
	TOTAL	-622,7	-456	-400,6	-296,3	-290,9	-435,8	-762	-765,3	-524,9	-272,1	-327,4	-575,4	-5729,4	-39,2
Solar térmica	EA_{ACS}	277,6	245,8	266,7	247,5	244,9	221,2	217,7	217,7	221,2	244,9	252,8	277,6	2935,5	20,1
	EF	346,7	307,1	332,9	309,9	305,7	272,8	266,6	266,7	271,9	305,2	316,3	345,9	3647,7	25
	%D_{ACS}	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	
Electricidad (fcep 1,954)	EA_C	314,3	182,9	104,3	21,3	18,8	0	0	0	0	0	46,5	267	955	6,5
	EA_{ACS}	30,8	27,3	29,6	27,5	27,2	24,6	24,2	24,2	24,6	27,2	28,1	30,8	326,2	2,2
	EA_R	0	0	0	0	0	190	520,2	523,4	279,1	0	0	0	1512,7	10,3
	EF	70,6	43,4	28,2	11,1	10,6	37,7	92,6	93,2	52,6	6,8	16,3	61,1	524,2	3,6
	EP_{ren}	29,2	18	11,7	4,6	4,4	15,6	38,3	38,6	21,8	2,8	6,8	25,3	217	1,5
	EP_{nr}	137,9	84,8	55,2	21,8	20,6	73,7	181	182	102,7	13,3	31,9	119,4	1024,2	7
C_{ef,tot}	417,2	350,5	361,1	321,1	316,3	310,6	359,2	359,9	324,5	312	332,7	407	4171,9	28,5	
C_{ep,ren}	375,9	325,1	344,5	314,6	310,1	288,4	304,9	305,3	293,7	308	323,1	371,2	3864,7	26,4	
C_{ep,nr}	137,9	84,8	55,2	21,8	20,6	73,7	181	182	102,7	13,3	31,9	119,4	1024,2	7	

- V: Volumen neto habitable del edificio, m³,
 DC: Demanda de energía útil correspondiente al servicio de calefacción, kWh,
 DR: Demanda de energía útil correspondiente al servicio de refrigeración, kWh,
 D_{ACS}: Demanda de energía útil correspondiente al servicio de ACS, kWh,
 f_{cep}: Factor de conversión de energía final a energía primaria procedente de fuentes no renovables,
 EA: Energía útil aportada, kWh,
 EF: Energía final consumida por el sistema en punto de consumo, kWh,
 EP_{ren}: Consumo energético de energía primaria de origen renovable, kWh,
 EP_{nr}: Consumo energético de energía primaria de origen no renovable, kWh,
 %D: Porcentaje cubierto de la demanda energética total del servicio asociado por el vector energético de origen renovable,
 C_{ef,tot}: Consumo energético total de energía en punto de consumo, kWh/(m²·año),
 C_{ep,ren}: Consumo energético total de energía primaria de origen renovable, kWh/(m²·año),
 C_{ep,nr}: Consumo energético total de energía primaria de origen no renovable, kWh/(m²·año),



Gráfico 8.14. Consumo energético anual del escenario 3 modelo 02, en kWh

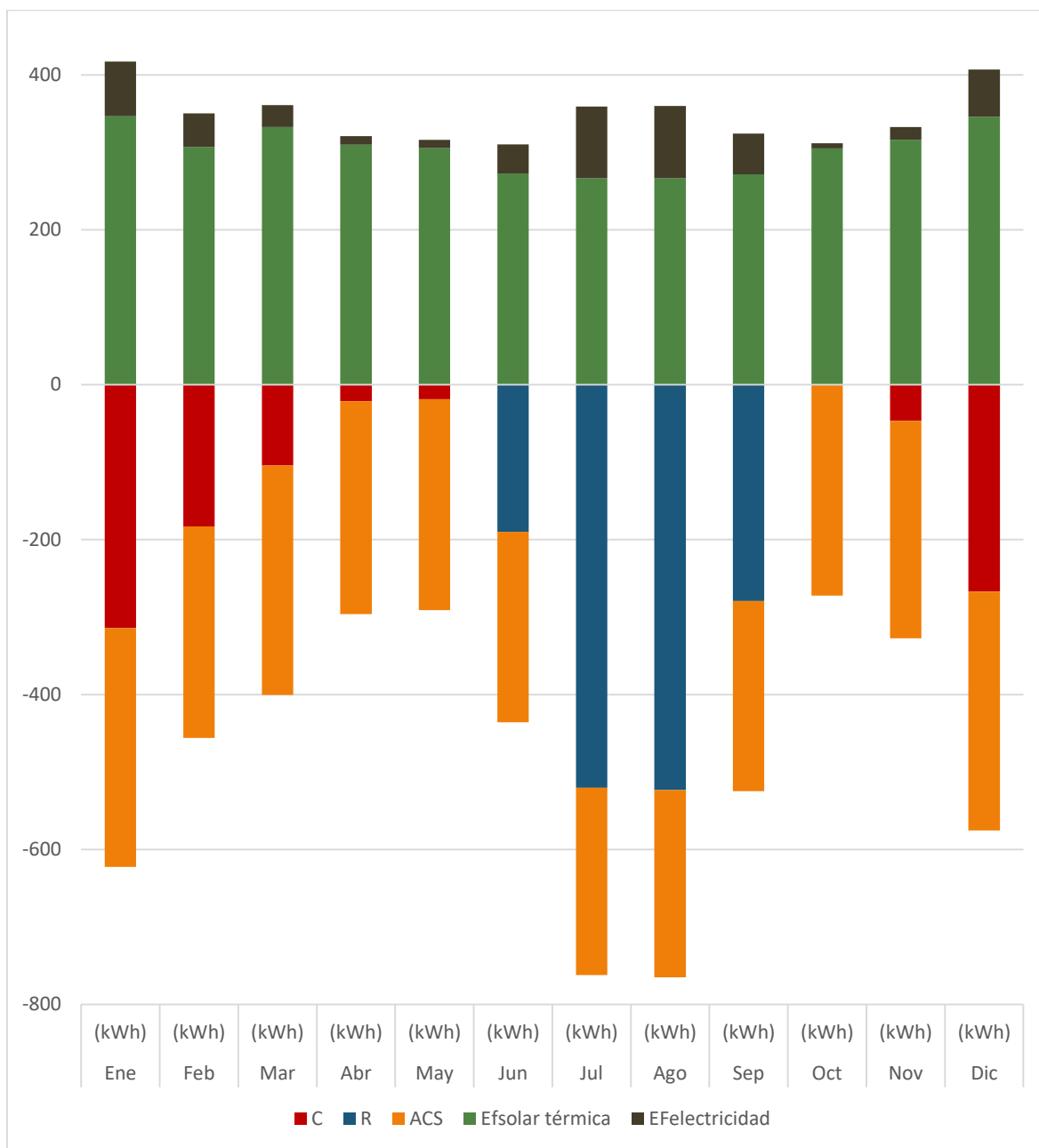
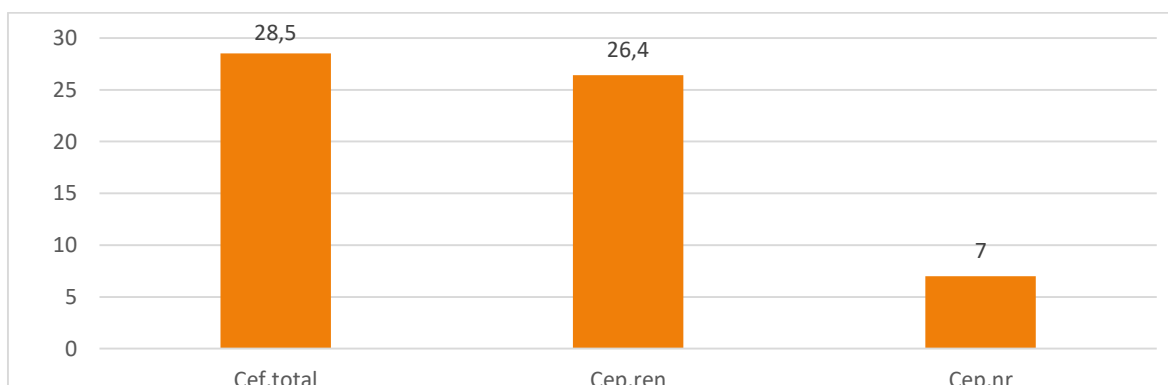


Gráfico 8.15. Desglose del consumo de energía en función de si la fuente es renovable del escenario 3 modelo 02, en kWh/m²-año



8.4. Fase Delta del modelo 02+

Se detallan los posibles modelos de nZEB, tres escenarios, contemplados como solución de la metodología para el modelo 02+.

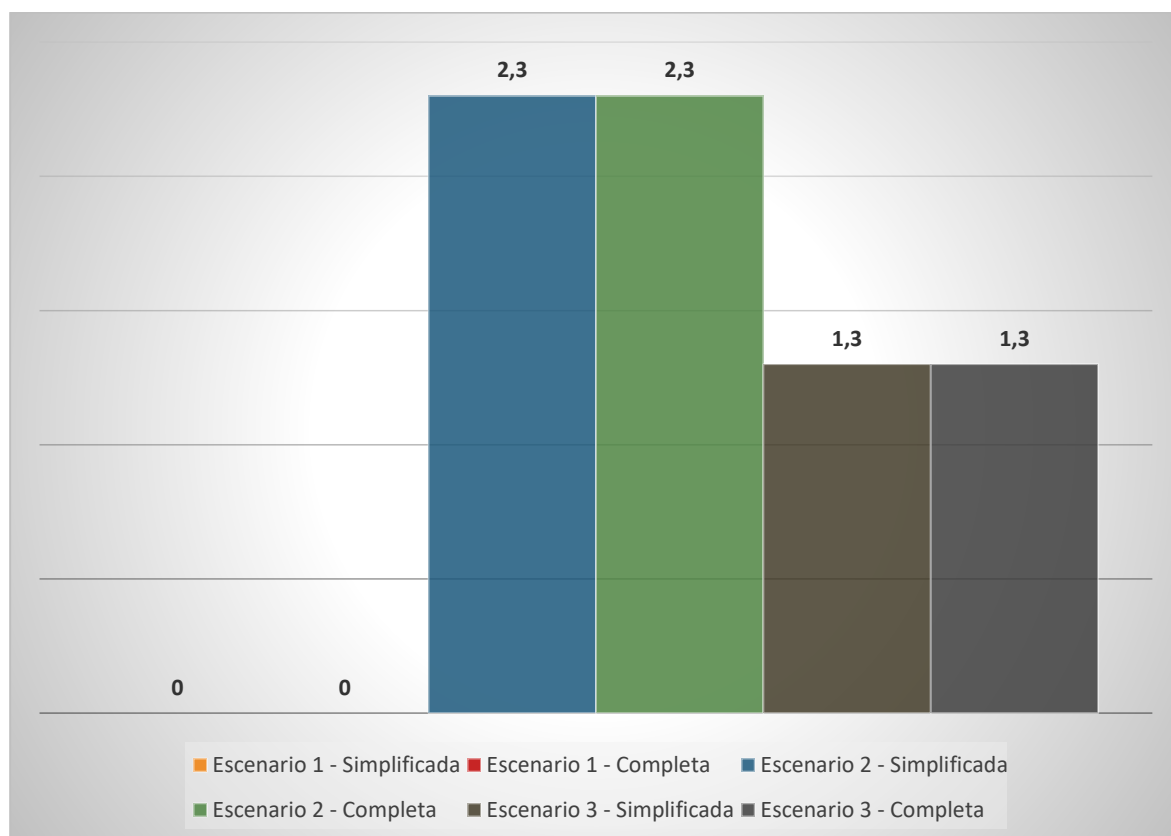
Escenario 1. Escenario de edificio 0. La climatización del modelo se realiza con una bomba de calor aerotérmica y la generación de ACS con una combinación de energía solar térmica aportando el 90% de la demanda y el resto mediante la bomba de calor. Los consumos eléctricos resultantes de la bomba de calor son suficientemente pequeños para cubrirlos mediante una instalación de energía solar fotovoltaica situada en la cubierta de la vivienda, siendo el consumo final de energía primaria no renovable 0. Los resultados del escenario pueden consultarse en la sección correspondiente.

Escenario 2. Escenario de edificio nZEB. La refrigeración del modelo se realiza mediante un sistema hyperinverter y la calefacción y la generación de ACS mediante el uso de una caldera de biomasa alimentada por pellets. El consumo final de energía primaria no renovable es de 2,3 (kWh/(m²·a)). Los resultados del escenario pueden consultarse en la sección correspondiente.

Escenario 3. Escenario de edificio nZEB. La climatización del modelo se realiza con una bomba de calor geotérmica y la generación de ACS con una combinación de energía solar térmica aportando el 90% de la demanda y el resto mediante la bomba de calor. El consumo final de energía primaria no renovable es de 1,3 (kWh/(m²·a)). Los resultados del escenario pueden consultarse en la sección correspondiente.

Los 3 escenarios contemplados para el modelo 02+ son los siguientes:

Gráfico 8.16. Escenarios del modelo 02+, $C_{ep,nr}$ en kWh/m²·año





8.4.1. Escenario 1: Aerotermia + Fotovoltaica + Solar térmica

Tabla 8.7. Escenario 1 del modelo 02+

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año	
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/año)	(kWh/m ² año)
Demanda energética	Calefacción	-69,2	-16,6	-17,3	-16,7	-17,3	-16,5	-15,5	-14,9	-16,7	-17,3	-16,7	-26,1	-261	-1,9
	Refrigeración	0	0	0	0	0	-0,7	-10,6	-17	0	0	0	0	-28,3	-0,2
	ACS	308,3	-273	-296,2	-275	-272,1	-245,7	-241,8	-241,8	-245,7	-272,1	-280,8	-308,3	-3261	-23,1
	TOTAL	-377,5	-289,7	-313,5	-291,7	-289,4	-262,9	-268	-273,6	-262,5	-289,4	-297,6	-334,5	-3550,2	-25,2
Electricidad (fcep = 1,954)	EF_{cal}	18,2	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,1	21,6	0,2
	EP_{cal}	43,1	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,5	51,2	0,4
	EP_{nr,cal}	35,6	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,2	42,3	0,3
	EF_{ref}	0	0	0	0	0	0,5	4,9	7,3	0	0	0	0	12,6	0,1
	EP_{ref}	0	0	0	0	0	1,1	11,5	17,3	0	0	0	0	29,9	0,2
	EP_{nr,ref}	0	0	0	0	0	0,9	9,5	14,3	0	0	0	0	24,7	0,2
	EF_{acs}	6,2	5,5	5,9	5,5	5,4	4,9	4,8	4,8	4,9	5,4	5,6	6,2	65,2	0,5
	EP_{acs}	14,6	12,9	14	13	12,9	11,6	11,5	11,5	11,6	12,9	13,3	14,6	154,4	1,1
	EP_{nr,acs}	12	10,7	11,6	10,7	10,6	9,6	9,5	9,5	9,6	10,6	11	12	127,4	0,9
Electricidad autoconsumida (fcep = 1,954)	EF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-191,7	-1,4
	EP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-453,9	-3,2
	EP_{nr}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-374,6	-2,7
	C_{ef,total}	24,4	5,7	5,9	5,5	5,4	5,4	9,7	12,1	4,9	5,4	5,6	9,3	99,3	0,7
C_{ep}	57,7	13,6	14	13	12,9	12,7	23	28,7	11,6	12,9	13,3	22,1	235,5	1,7	
C_{ep,nr}	47,6	11,2	11,6	10,7	10,6	10,5	19	23,7	9,6	10,6	11	18,2	0	0,0	

- S_u: Superficie habitable del edificio, m²,
- V: Volumen neto habitable del edificio, m³,
- f_{cep}: Factor de conversión de energía final a energía primaria procedente de fuentes no renovables,
- EF: Energía final consumida por el sistema en punto de consumo, kWh,
- EP: Consumo energético de energía primaria, kWh,
- EP_{nr}: Consumo energético de energía primaria de origen no renovable, kWh,
- C_{ef,total}: Consumo energético total de energía en punto de consumo, kWh/m²año,
- C_{ep}: Consumo energético total de energía primaria, kWh/m²año,
- C_{ep,nr}: Consumo energético total de energía primaria de origen no renovable, kWh/m²año,

Gráfico 8.17. Consumo energético anual del escenario 1 modelo 02+, en kWh

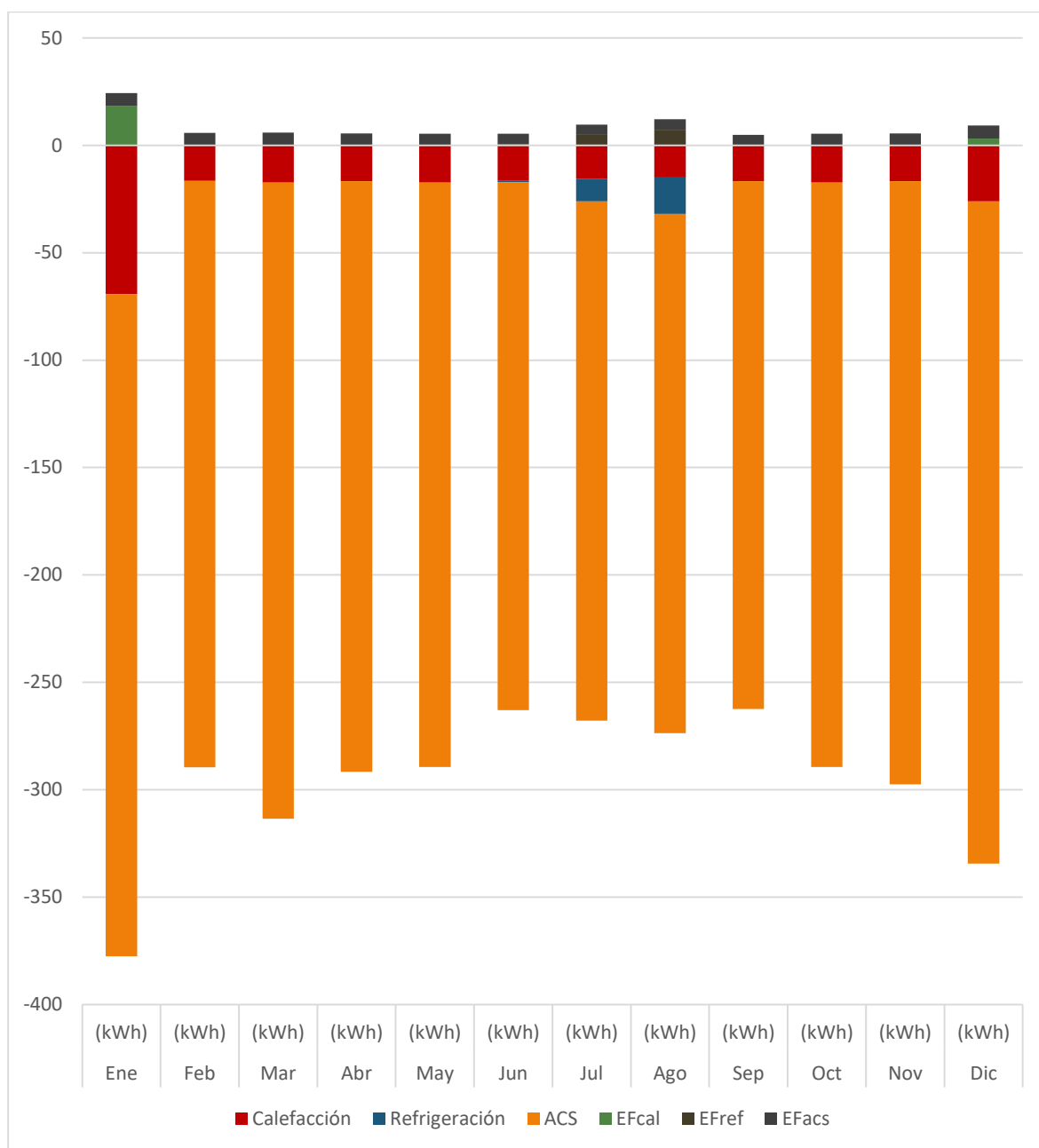
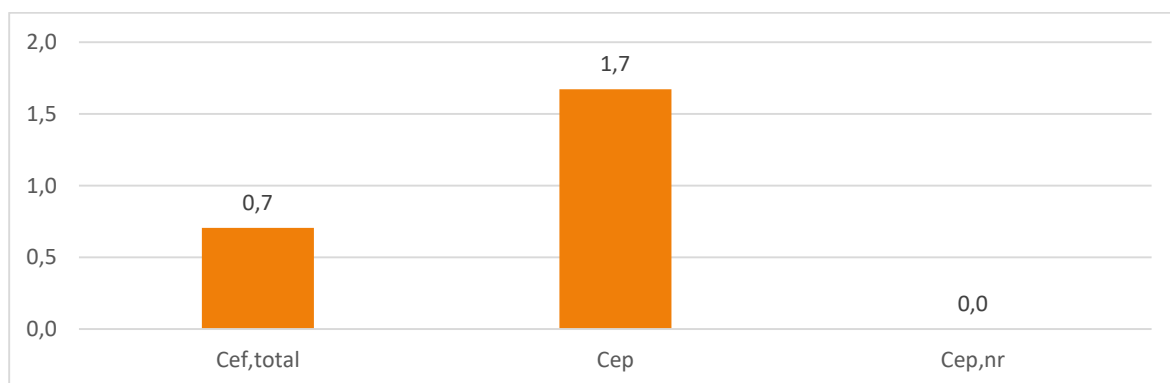


Gráfico 8.18. Desglose del consumo de energía en función de si la fuente es renovable del escenario 1 modelo 02+, en kWh/m²·año





8.4.2. Escenario 2: Hyperinverter + Biomasa

Tabla 8.8. Escenario 2 del modelo 02+

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año	
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/año)	(kWh/m ² año)
Demanda energética	Calefacción	-69,2	-16,6	-17,3	-16,7	-17,3	-16,5	-15,5	-14,9	-16,7	-17,3	-16,7	-26,1	-261	-1,9
	Refrigeración	0	0	0	0	0	-0,7	-10,6	-17	0	0	0	0	-28,3	-0,2
	ACS	-308,3	-273	-296,2	-275	-272,1	-245,7	-241,8	-241,8	-245,7	-272,1	-280,8	-308,3	-3261	-23,1
	TOTAL	-377,5	-289,7	-313,5	-291,7	-289,4	-262,9	-268	-273,6	-262,5	-289,4	-297,6	-334,5	-3550,2	-25,2
Electricidad (fcep = 1,954)	EF_{cal}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	EP_{cal}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	EP_{nr,cal}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	EF_{ref}	0	0	0	0	0	0,4	3,8	5,7	0	0	0	0	9,8	0,1
	EP_{ref}	0	0	0	0	0	0,8	9	13,5	0	0	0	0	23,2	0,2
	EP_{nr,ref}	0	0	0	0	0	0,7	7,4	11,1	0	0	0	0	19,2	0,1
	EF_{acs}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	EP_{acs}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	EP_{nr,acs}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	EF_{cal}	41,9	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,3	50	0,4
	EP_{cal}	46,7	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,2	55,7	0,4
	EP_{nr,cal}	3,6	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,6	4,2	0
Biomasa densificada (pellets) (fcep = 0,085)	EF_{ref}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	EP_{ref}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	EP_{nr,ref}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	EF_{acs}	331,5	293,6	318,5	295,7	292,5	264,2	260	260	264,2	292,5	302	331,5	3506,4	24,9
	EP_{acs}	369	326,8	354,5	329,1	325,6	294,1	289,4	289,4	294,1	325,6	336,1	369	3902,6	27,7
	EP_{nr,acs}	28,2	24,9	27,1	25,1	24,8	22,4	22,1	22,1	22,4	24,8	25,6	28,2	297,8	2,1
Electricidad autoconsumida (fcep = 1,954)	EF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	EP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	EP_{nr}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C_{ef,tot}	C_{ef,tot,cal}	373,5	294,3	318,5	295,7	292,5	264,6	263,8	265,7	264,2	292,5	302	338,9	3566,3	25,3
	C_{ef,ref}	415,7	327,6	354,5	329,1	325,6	294,9	298,4	302,9	294,1	325,6	336,1	377,2	3981,6	28,3
	C_{ef,nr}	31,7	25	27,1	25,1	24,8	23,1	29,5	33,2	22,4	24,8	25,6	28,8	321,2	2,3

- S_u: Superficie habitable del edificio, m²,
- V: Volumen neto habitable del edificio, m³,
- f_{cep}: Factor de conversión de energía final a energía primaria procedente de fuentes no renovables,
- EF: Energía final consumida por el sistema en punto de consumo, kWh,
- EP: Consumo energético de energía primaria, kWh,
- EP_{nr}: Consumo energético de energía primaria de origen no renovable, kWh,
- C_{ef,tot}: Consumo energético total de energía en punto de consumo, kWh/m²año,
- C_{ep}: Consumo energético total de energía primaria, kWh/m²año,
- C_{ep,nr}: Consumo energético total de energía primaria de origen no renovable, kWh/m²año,

Gráfico 8.19. Consumo energético anual del escenario 2 modelo 02+, en kWh

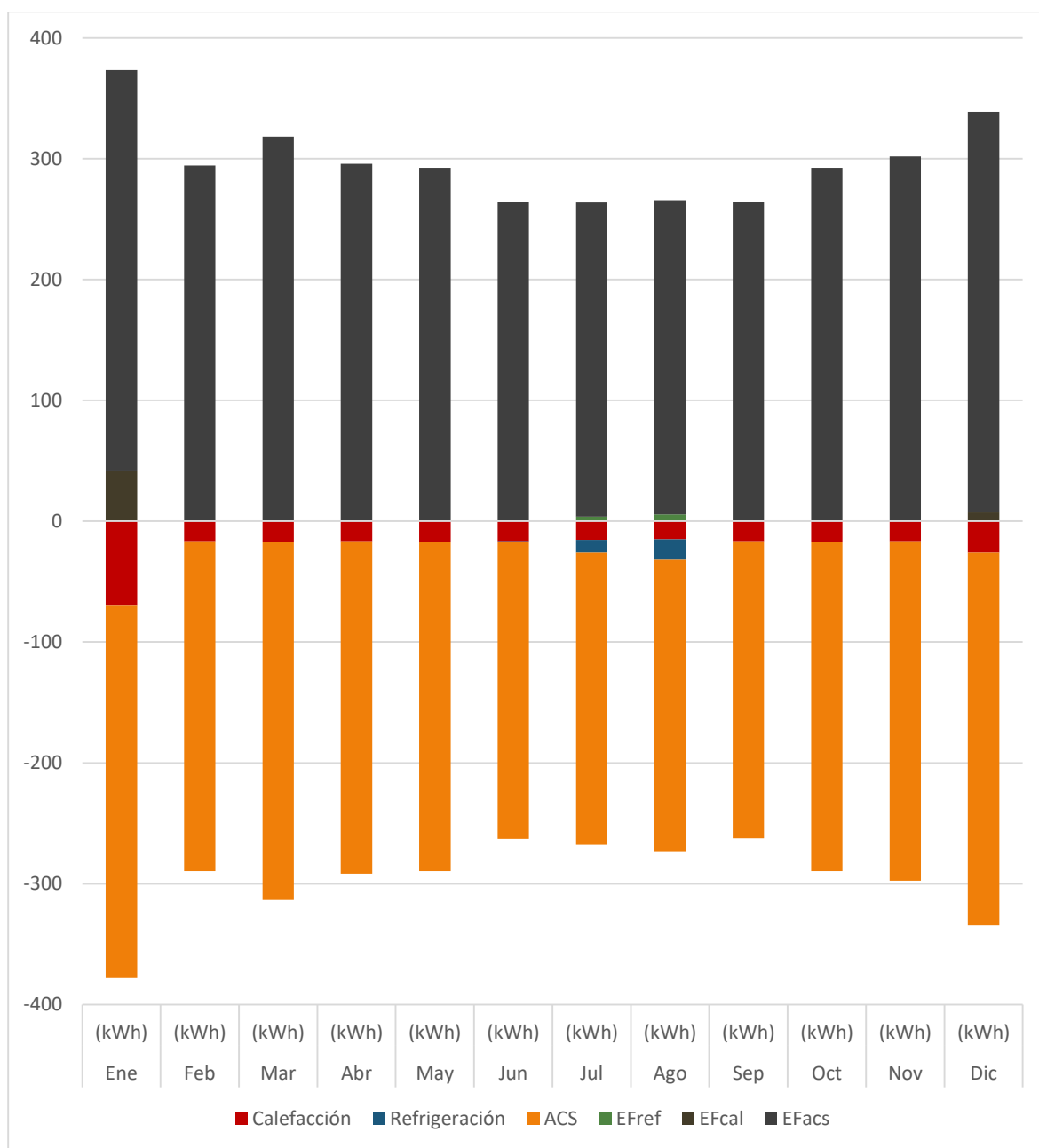
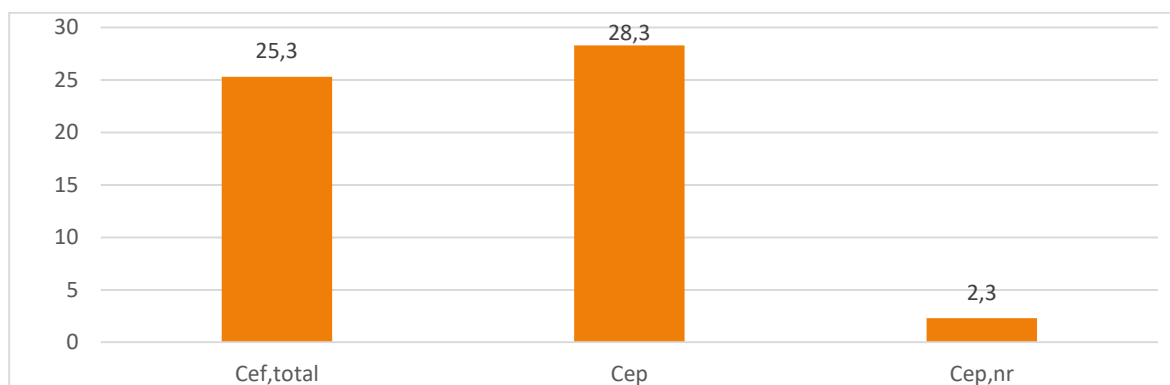


Gráfico 8.20. Desglose del consumo de energía en función de si la fuente es renovable del escenario 2 modelo 02+, en kWh/m²·año





8.4.3. Escenario 3: Geotermia + Solar térmica

Tabla 8.9. Escenario 3 del modelo 02+

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año		
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/año)	(kWh/m ² año)
Demanda energética	Calefacción	-69,2	-16,6	-17,3	-16,7	-17,3	-16,5	-15,5	-14,9	-16,7	-17,3	-16,7	-26,1	-261	-1,9	
	Refrigeración	0	0	0	0	0	-0,7	-10,6	-17	0	0	0	0	-28,3	-0,2	
	ACS	-308,3	-273	-296,2	-275	-272,1	-245,7	-241,8	-241,8	-245,7	-272,1	-280,8	-308,3	-3261	-23,1	
	TOTAL	-377,5	-289,7	-313,5	-291,7	-289,4	-262,9	-268	-273,6	-262,5	-289,4	-297,6	-334,5	-3550,2	-25,2	
Electricidad (fcep = 1,954)	EF_{cal}	18,4	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,2	21,9	0,2	
	EP_{cal}	43,5	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,6	51,8	0,4	
	EP_{nr,cal}	35,9	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,2	42,7	0,3	
	EF_{ref}	0	0	0	0	0	0,3	3,5	5,3	0	0	0	0	9,1	0,1	
	EP_{ref}	0	0	0	0	0	0,8	8,3	12,5	0	0	0	0	21,7	0,2	
	EP_{nr,ref}	0	0	0	0	0	0,7	6,9	10,3	0	0	0	0	17,9	0,1	
	EF_{acs}	6,2	5,5	5,9	5,5	5,4	4,9	4,8	4,8	4,9	5,4	5,6	6,2	65,2	0,5	
	EP_{acs}	14,6	12,9	14	13	12,9	11,6	11,5	11,5	11,6	12,9	13,3	14,6	154,4	1,1	
	EP_{nr,acs}	12	10,7	11,6	10,7	10,6	9,6	9,5	9,5	9,6	10,6	11	12	127,4	0,9	
	Electricidad autoconsumida (fcep = 1,954)	EF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		EP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		EP_{nr}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C_{ef,tot}	24,6	5,7	5,9	5,5	5,4	5,2	8,4	10,1	4,9	5,4	5,6	9,4	96,2	0,7	
	C_{ep}	58,1	13,6	14	13	12,9	12,4	19,8	24	11,6	12,9	13,3	22,2	227,9	1,6	
	C_{ep,nr}	48	11,2	11,6	10,7	10,6	10,3	16,3	19,8	9,6	10,6	11	18,3	188	1,3	

- S_u: Superficie habitable del edificio, m²,
- V: Volumen neto habitable del edificio, m³,
- f_{cep}: Factor de conversión de energía final a energía primaria procedente de fuentes no renovables,
- EF: Energía final consumida por el sistema en punto de consumo, kWh,
- EP: Consumo energético de energía primaria, kWh,
- EP_{nr}: Consumo energético de energía primaria de origen no renovable, kWh,
- C_{ef,tot}: Consumo energético total de energía en punto de consumo, kWh/m²año,
- C_{ep}: Consumo energético total de energía primaria, kWh/m²año,
- C_{ep,nr}: Consumo energético total de energía primaria de origen no renovable, kWh/m²año,

Gráfico 8.21. Consumo energético anual del escenario 3 modelo 02+, en kWh

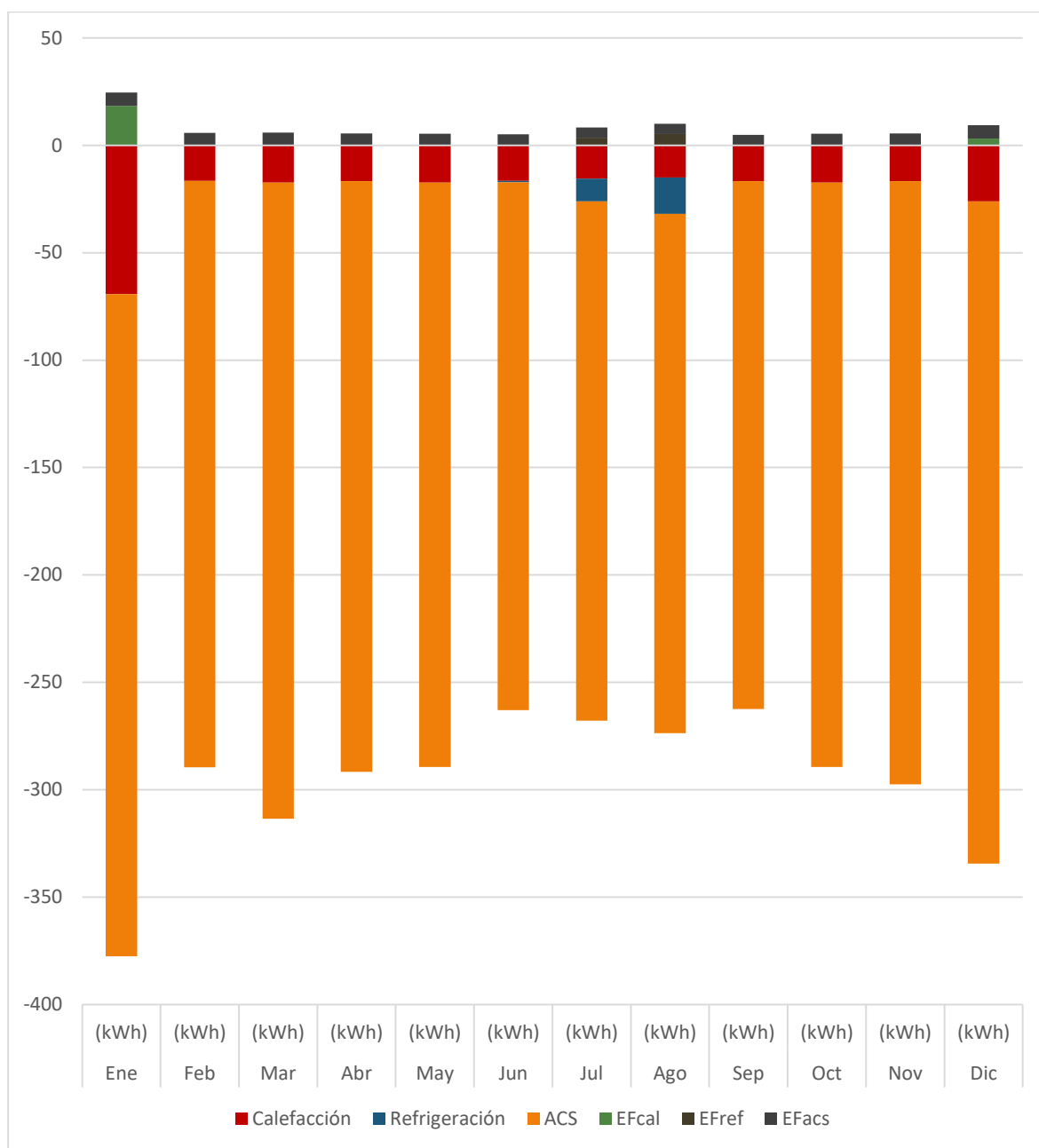
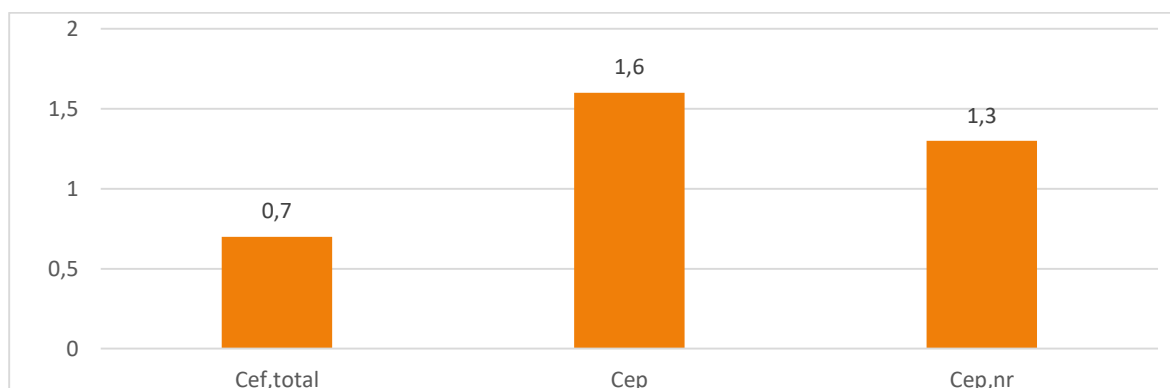


Gráfico 8.22. Desglose del consumo de energía en función de si la fuente es renovable del escenario 3 modelo 02+, en kWh/m²·año





8.5. Fase Delta del modelo 03

Se detallan los posibles modelos de nZEB, tres escenarios, contemplados como solución de la metodología para el modelo 03.

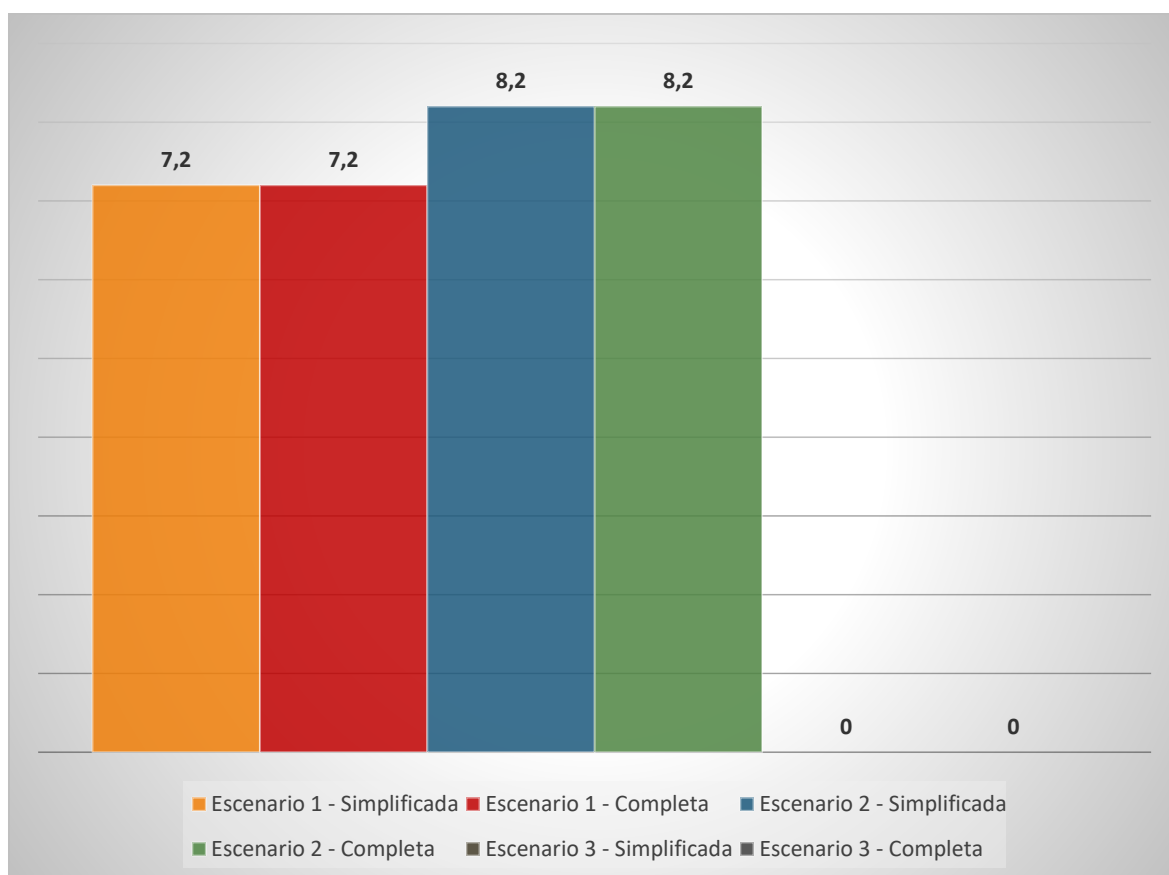
Escenario 1. Escenario de edificio nZEB. La climatización del modelo se realiza mediante un sistema hyperinverter. El consumo final de energía primaria no renovable es de 7,2 (kWh/(m²·a)). Los resultados del escenario pueden consultarse en la sección correspondiente.

Escenario 2. Escenario de edificio nZEB. La climatización del modelo se realiza con una bomba de calor geotérmica. El consumo final de energía primaria no renovable es de 8,2 (kWh/(m²·a)). Los resultados del escenario pueden consultarse en la sección correspondiente.

Escenario 3. Escenario de edificio 0. La climatización del modelo se realiza con una bomba de calor VRV. Los consumos eléctricos resultantes del sistema VRV son suficientemente pequeños para cubrirlos mediante una instalación de energía solar fotovoltaica, siendo el consumo final de energía primaria no renovable 0. Los resultados del escenario pueden consultarse en la sección correspondiente.

Los 3 escenarios contemplados para el modelo 03 son los siguientes:

Gráfico 8.23. Escenarios del modelo 03, $C_{ep,nr}$ en kWh/m²·año



8.5.1. Escenario 1: Hyperinverter

Tabla 8.10. Escenario 1 del modelo 03

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año	
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/año)	(kWh/m ² -año)
Demanda energética	Calefacción	-1078,1	-587	-222,9	-96,7	0	0	0	0	0	0	-195,7	-899,7	-3080,2	-7,2
	Refrigeración	0	0	0	0	-224,3	-533,2	-1229,8	0	-638,4	-524,4	0	0	-3150,1	-7,4
	TOTAL	-1078,1	-587	-222,9	-96,7	-224,3	-533,2	-1229,8	0	-638,4	-524,4	-195,7	-899,7	-6230,3	-14,6
Electricidad (fcep = 1,954)	EF_{cal}	310	170,7	66,3	27,3	0	0	0	0	0	0	55,2	256	885,5	2,1
	EP_{cal}	734,1	404,3	156,9	64,5	0	0	0	0	0	0	130,8	606,1	2096,8	4,9
	EP_{nr,cal}	605,8	333,6	129,5	53,2	0	0	0	0	0	0	108	500,2	1730,3	4,1
	EF_{ref}	0	0	0	0	45,5	115,4	274,6	0	138,6	101,9	0	0	676	1,6
	EP_{ref}	0	0	0	0	107,7	273,3	650,2	0	328,2	241,3	0	0	1600,7	3,8
	EP_{nr,ref}	0	0	0	0	88,9	225,5	536,5	0	270,9	199,2	0	0	1320,9	3,1
	EF_{acs}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	EP_{acs}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	EP_{nr,acs}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Electricidad autoconsumida (fcep = 1,954)	EF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	EP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	EP_{nr}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C_{ef,total}	310	170,7	66,3	27,3	45,5	115,4	274,6	0	138,6	101,9	55,2	256	1561,5	3,7
	C_{ep}	734,1	404,3	156,9	64,5	107,7	273,3	650,2	0	328,2	241,3	130,8	606,1	3697,5	8,7
	C_{ep,nr}	605,8	333,6	129,5	53,2	88,9	225,5	536,5	0	270,9	199,2	108	500,2	3051,2	7,2

- S_u: Superficie habitable del edificio, m²,
V: Volumen neto habitable del edificio, m³,
f_{ccep}: Factor de conversión de energía final a energía primaria procedente de fuentes no renovables,
EF: Energía final consumida por el sistema en punto de consumo, kWh,
EP: Consumo energético de energía primaria, kWh,
EP_{nr}: Consumo energético de energía primaria de origen no renovable, kWh,
C_{ef,total}: Consumo energético total de energía en punto de consumo, kWh/m²-año,
C_{ep}: Consumo energético total de energía primaria, kWh/m²-año,
C_{ep,nr}: Consumo energético total de energía primaria de origen no renovable, kWh/m²-año,



Gráfico 8.24. Consumo energético anual del escenario 1 modelo 03, en kWh

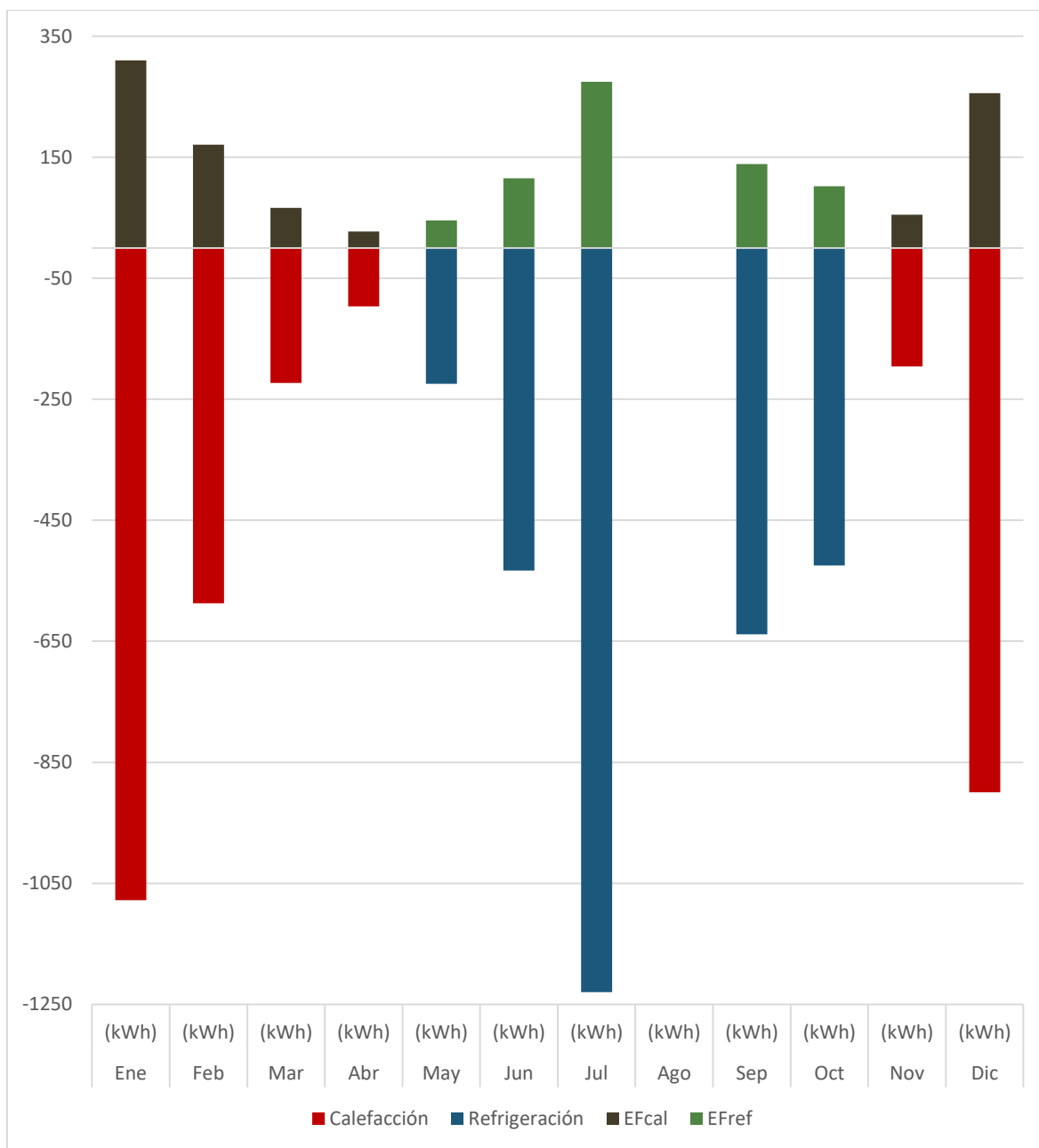
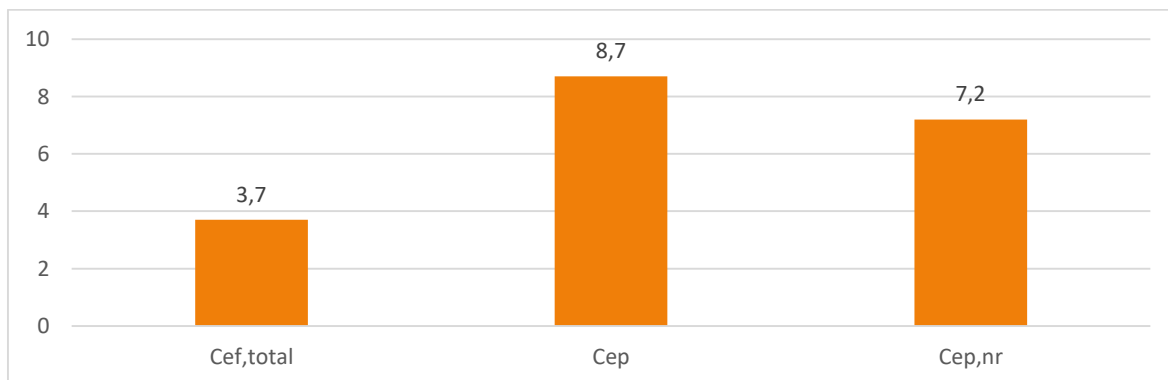


Gráfico 8.25. Desglose del consumo de energía en función de si la fuente es renovable del escenario 1 modelo 03, en kWh/m²·año



8.5.2. Escenario 2: Geotermia

Tabla 8.11. Escenario 2 del modelo 03

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año	
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/año)	(kWh/m ² -año)
Demanda energética	Calefacción	-1078,1	-587	-222,9	-96,7	0	0	0	0	0	0	-195,7	-899,7	-3080,2	-7,2
	Refrigeración	0	0	0	0	-224,3	-533,2	-1229,8	0	-638,4	-524,4	0	0	-3150,1	-7,4
	TOTAL	-1078,1	-587	-222,9	-96,7	-224,3	-533,2	-1229,8	0	-638,4	-524,4	-195,7	-899,7	-6230,3	-14,6
Electricidad (fcep = 1,954)	EF_{cal}	494,6	229,4	84,3	33,5	0	0	0	0	0	0	69,4	383,5	1294,7	3
	EP_{cal}	1171,2	543,3	199,7	79,2	0	0	0	0	0	0	164,4	908	3065,9	7,2
	EP_{nr,cal}	966,5	448,3	164,8	65,4	0	0	0	0	0	0	135,7	749,3	2530	5,9
	EF_{ref}	0	0	0	0	33,3	84,1	198,7	0	100,3	74	0	0	490,4	1,2
	EP_{ref}	0	0	0	0	78,8	199,2	470,6	0	237,6	175,1	0	0	1161,3	2,7
	EP_{nr,ref}	0	0	0	0	65	164,4	388,3	0	196,1	144,5	0	0	958,3	2,2
	EF_{acs}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	EP_{acs}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	EP_{nr,acs}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Electricidad autoconsumida (fcep = 1,954)	EF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	EP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	EP_{nr}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C_{ef,total}	494,6	229,4	84,3	33,5	33,3	84,1	198,7	0	100,3	74	69,4	383,5	1785,1	4,2
	C_{ep}	1171,2	543,3	199,7	79,2	78,8	199,2	470,6	0	237,6	175,1	164,4	908	4227,2	9,9
	C_{ep,nr}	966,5	448,3	164,8	65,4	65	164,4	388,3	0	196,1	144,5	135,7	749,3	3488,3	8,2

S_u: Superficie habitable del edificio, m²,

V: Volumen neto habitable del edificio, m³,

f_{cep}: Factor de conversión de energía final a energía primaria procedente de fuentes no renovables,

EF: Energía final consumida por el sistema en punto de consumo, kWh,

EP: Consumo energético de energía primaria, kWh,

EP_{nr}: Consumo energético de energía primaria de origen no renovable, kWh,

C_{ef,total}: Consumo energético total de energía en punto de consumo, kWh/m²-año,

C_{ep}: Consumo energético total de energía primaria, kWh/m²-año,

C_{ep,nr}: Consumo energético total de energía primaria de origen no renovable, kWh/m²-año,



Gráfico 8.26. Consumo energético anual del escenario 2 modelo 03, en kWh

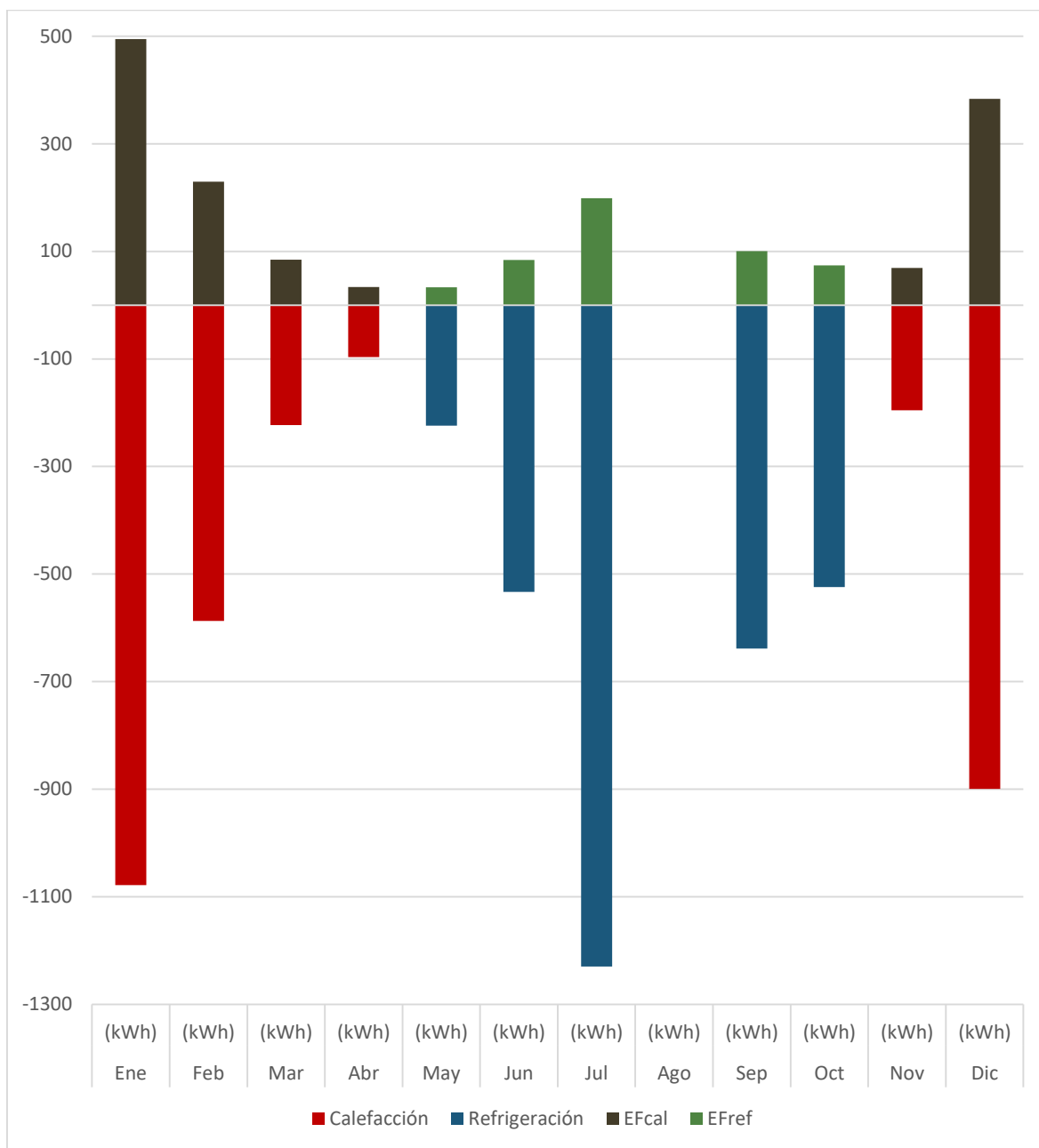
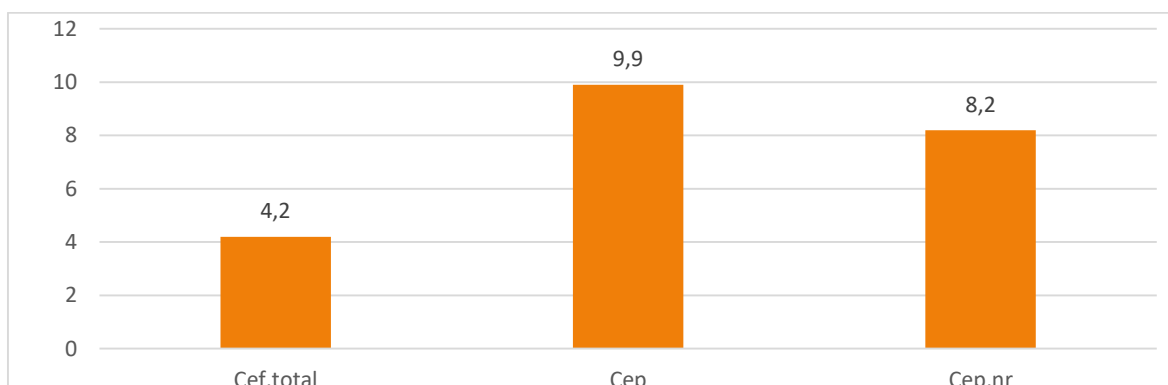


Gráfico 8.27. Desglose del consumo de energía en función de si la fuente es renovable del escenario 2 modelo 03, en kWh/m²-año



8.5.3. Escenario 3: VRV + Fotovoltaica

Tabla 8.12. Escenario 3 del modelo 03

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año	
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/año)	(kWh/m ² -año)
Demanda energética	Calefacción	-1078,1	-587	-222,9	-96,7	0	0	0	0	0	0	-195,7	-899,7	-3080,2	-7,2
	Refrigeración	0	0	0	0	-224,3	-533,2	-1229,8	0	-638,4	-524,4	0	0	-3150,1	-7,4
	TOTAL	-1078,1	-587	-222,9	-96,7	-224,3	-533,2	-1229,8	0	-638,4	-524,4	-195,7	-899,7	-6230,3	-14,6
Electricidad (fcep = 1,954)	EF_{cal}	242,4	134,7	52,4	20,8	0	0	0	0	0	0	42,4	198,9	691,6	1,6
	EP_{cal}	574	318,9	124,1	49,3	0	0	0	0	0	0	100,4	471	1637,8	3,8
	EP_{nr,cal}	473,7	263,2	102,4	40,7	0	0	0	0	0	0	82,9	388,7	1351,5	3,2
	EF_{ref}	2,2	0,4	0,1	0,1	36,1	83,8	180,2	0	94,7	68,6	0,2	1,7	468,1	1,1
	EP_{ref}	5,2	1	0,3	0,3	85,4	198,3	426,6	0	224,3	162,5	0,5	4	1108,4	2,6
	EP_{nr,ref}	4,3	0,8	0,3	0,2	70,5	163,7	352	0	185,1	134,1	0,4	3,3	914,7	2,1
	EF_{acs}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	EP_{acs}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	EP_{nr,acs}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Electricidad autoconsumida (fcep = 1,954)	EF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-2269,2	-5,3
	EP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-5373,5	-12,6
	EP_{nr}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-4434,2	-10,4
	C_{ef,total}	244,6	135,1	52,6	20,9	36,1	83,8	180,2	0	94,7	68,6	42,6	200,6	1159,8	2,7
	C_{ep}	579,3	319,9	124,5	49,5	85,4	198,3	426,6	0	224,3	162,5	100,9	475	2746,2	6,4
	C_{ep,nr}	478	264	102,7	40,9	70,5	163,7	352	0	185,1	134,1	83,3	391,9	0	0,0

- S_u: Superficie habitable del edificio, m²,
V: Volumen neto habitable del edificio, m³,
f_{ccep}: Factor de conversión de energía final a energía primaria procedente de fuentes no renovables,
EF: Energía final consumida por el sistema en punto de consumo, kWh,
EP: Consumo energético de energía primaria, kWh,
EP_{nr}: Consumo energético de energía primaria de origen no renovable, kWh,
C_{ef,total}: Consumo energético total de energía en punto de consumo, kWh/m²-año,
C_{ep}: Consumo energético total de energía primaria, kWh/m²-año,
C_{ep,nr}: Consumo energético total de energía primaria de origen no renovable, kWh/m²-año,



Gráfico 8.28. Consumo energético anual del escenario 3 modelo 03, en kWh

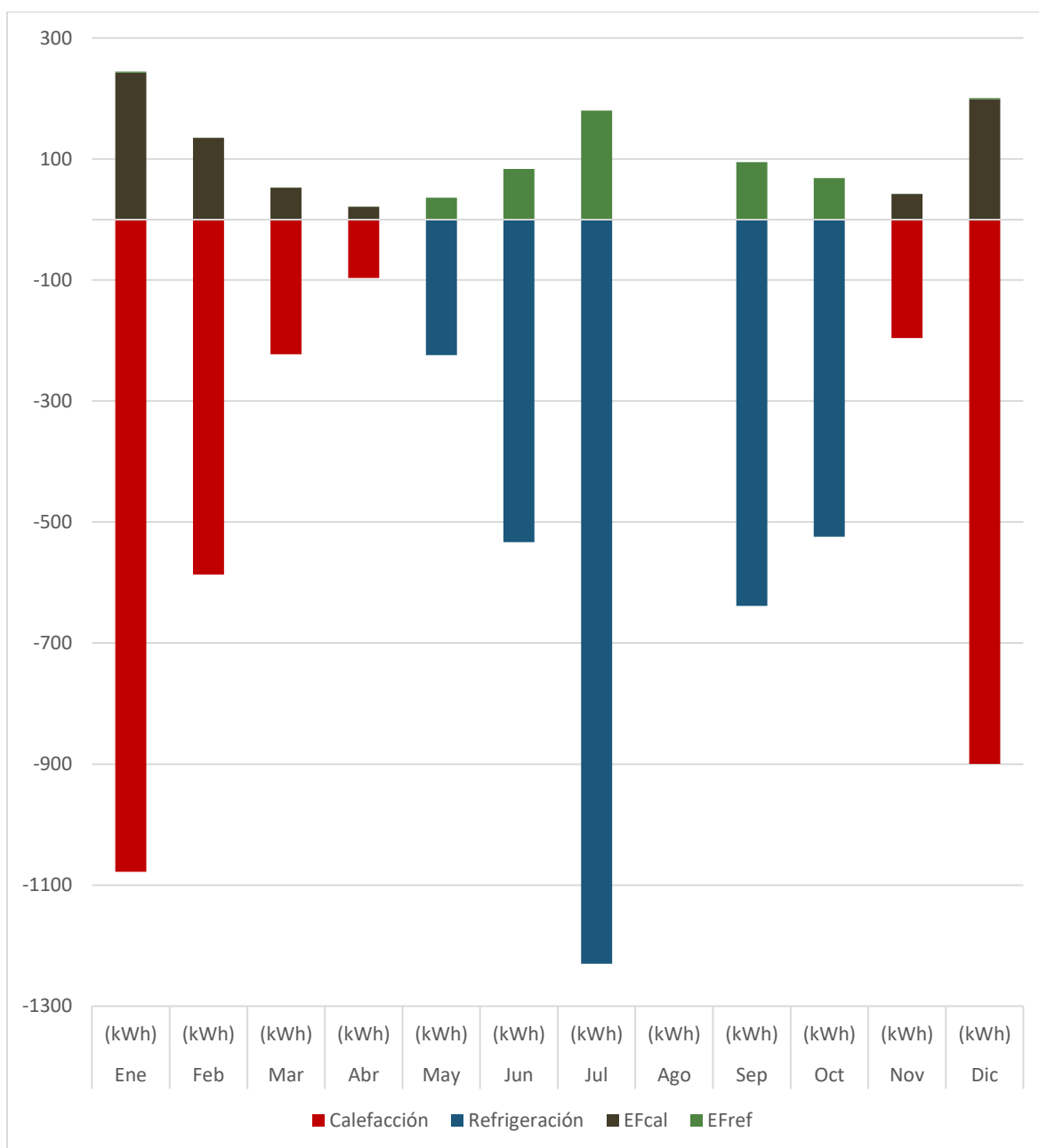
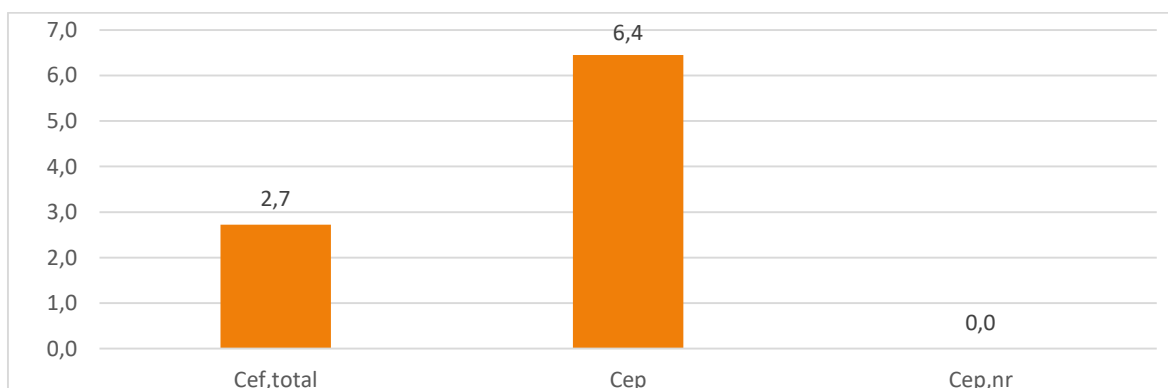


Gráfico 8.29. Desglose del consumo de energía en función de si la fuente es renovable del escenario 3 modelo 03, en kWh/m²·año



8.6. Fase Delta del modelo 04

Se detallan los posibles modelos de nZEB, tres escenarios, contemplados como solución de la metodología para el modelo 04.

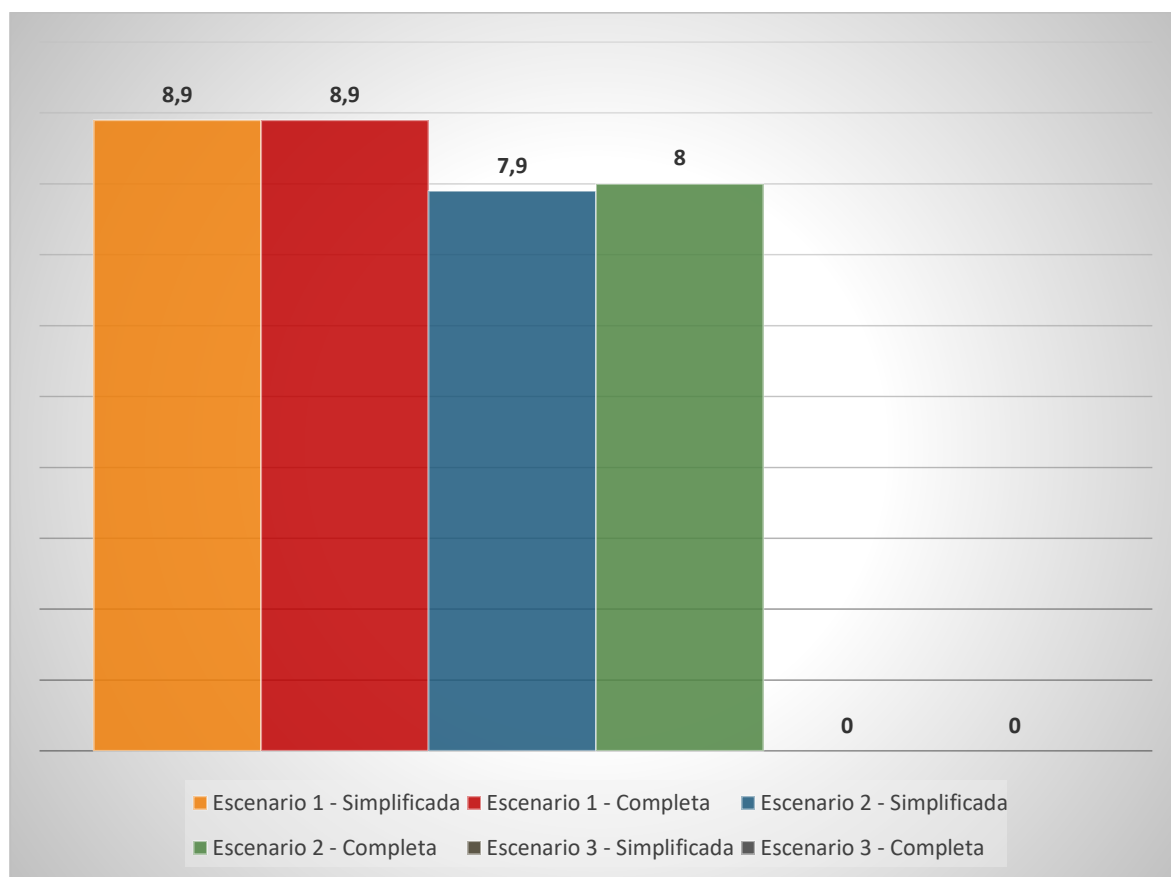
Escenario 1. Escenario de edificio nZEB. La climatización del modelo se realiza con una bomba de calor aerotérmica y la generación de ACS con una combinación de energía solar térmica aportando el 80% de la demanda y el resto mediante la bomba de calor. El consumo final de energía primaria no renovable es de 8,9 (kWh/(m²·a)). Los resultados del escenario pueden consultarse en la sección correspondiente.

Escenario 2. Escenario de edificio nZEB. La refrigeración del modelo se realiza mediante un sistema hyperinverter y la calefacción y la generación de ACS mediante el uso de una caldera de biomasa alimentada por pellets. El consumo final de energía primaria no renovable es de 8 (kWh/(m²·a)). Los resultados del escenario pueden consultarse en la sección correspondiente.

Escenario 3. Escenario de edificio 0. La climatización del modelo se realiza con una bomba de calor geotérmica y la generación de ACS con una combinación de energía solar térmica aportando el 80% de la demanda y el resto mediante la bomba de calor. Los consumos eléctricos resultantes de la bomba de calor son suficientemente pequeños para cubrirlos mediante una instalación de energía solar fotovoltaica, siendo el consumo final de energía primaria no renovable 0. Los resultados del escenario pueden consultarse en la sección correspondiente.

Los 3 escenarios contemplados para el modelo 04 son los siguientes:

Gráfico 8.30. Escenarios del modelo 04, $C_{ep,nr}$ en kWh/m²·año





8.6.1. Escenario 1: Aerotermia + Solar térmica

Tabla 8.13. Escenario 1 del modelo 04

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año	
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/año)	(kWh/m ² -año)
Demanda energética	Calefacción	-686,8	-282,6	-11,7	-6,5	0	-161,5	-0,7	0	-40,2	-2,2	-17,4	-499,7	-1709,3	-2,8
	Refrigeración	0	0	0	0	0	-0,3	-249,6	-290,3	-5	-13,7	0	0	-558,9	-0,9
	ACS	-4589,3	-4063,9	-4409,3	-4092,9	-4049,4	-3657,5	-3599,4	-3599,4	-3657,5	-4049,4	-4180	-4589,3	-48537	-80,2
	TOTAL	-5276,1	-4346,5	-4421	-4099,4	-4049,4	-3819,2	-3849,7	-3889,7	-3702,7	-4065,2	-4197,4	-5088,9	-50805,2	-83,9
Electricidad (f _{cep} = 1,954)	EF_{cal}	276,5	90,5	2,9	1,5	0	67,4	0,1	0	12,5	0,5	4,7	194,4	651,1	1,1
	EP_{cal}	654,7	214,3	6,7	3,7	0	159,6	0,3	0	29,6	1,2	11,2	460,4	1541,8	2,5
	EP_{nr,cal}	540,3	176,9	5,6	3	0	131,7	0,2	0	24,4	1	9,2	379,9	1272,3	2,1
	EF_{ref}	0	0	0	0	0	0,1	75	83,5	2,2	6,1	0	0	166,9	0,3
	EP_{ref}	0	0	0	0	0	0,4	177,5	197,7	5,1	14,4	0	0	395,1	0,7
	EP_{nr,ref}	0	0	0	0	0	0,3	146,5	163,2	4,2	11,9	0	0	326,1	0,5
	EF_{acs}	183,6	162,6	176,4	163,7	162	146,3	144	144	146,3	162	167,2	183,6	1941,5	3,2
	EP_{acs}	434,7	384,9	417,6	387,7	383,6	346,4	340,9	340,9	346,4	383,6	395,9	434,7	4597,4	7,6
	EP_{nr,acs}	358,7	317,6	344,6	319,9	316,5	285,9	281,3	281,3	285,9	316,5	326,7	358,7	3793,8	6,3
	Electricidad autoconsumida (f _{cep} = 1,954)	EF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
EP_{nr}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
C_{ef,tot}	460,1	253,1	179,2	165,3	162	213,8	219,1	227,5	161	168,6	171,9	378	2759,4	4,6	
C_{ep}	1089,4	599,3	424,4	391,3	383,6	506,4	518,7	538,7	381,2	399,2	407,1	895,1	6534,3	10,8	
C_{ep,nr}	899	494,5	350,2	322,9	316,5	417,9	428,1	444,5	314,5	329,4	336	738,6	5392,1	8,9	

- S_u: Superficie habitable del edificio, m²,
- V: Volumen neto habitable del edificio, m³,
- f_{cep}: Factor de conversión de energía final a energía primaria procedente de fuentes no renovables,
- EF: Energía final consumida por el sistema en punto de consumo, kWh,
- EP: Consumo energético de energía primaria, kWh,
- EP_{nr}: Consumo energético de energía primaria de origen no renovable, kWh,
- C_{ef,tot}: Consumo energético total de energía en punto de consumo, kWh/m²-año,
- C_{ep}: Consumo energético total de energía primaria, kWh/m²-año,
- C_{ep,nr}: Consumo energético total de energía primaria de origen no renovable, kWh/m²-año,



Gráfico 8.31. Consumo energético anual del escenario 1 modelo 04, en kWh

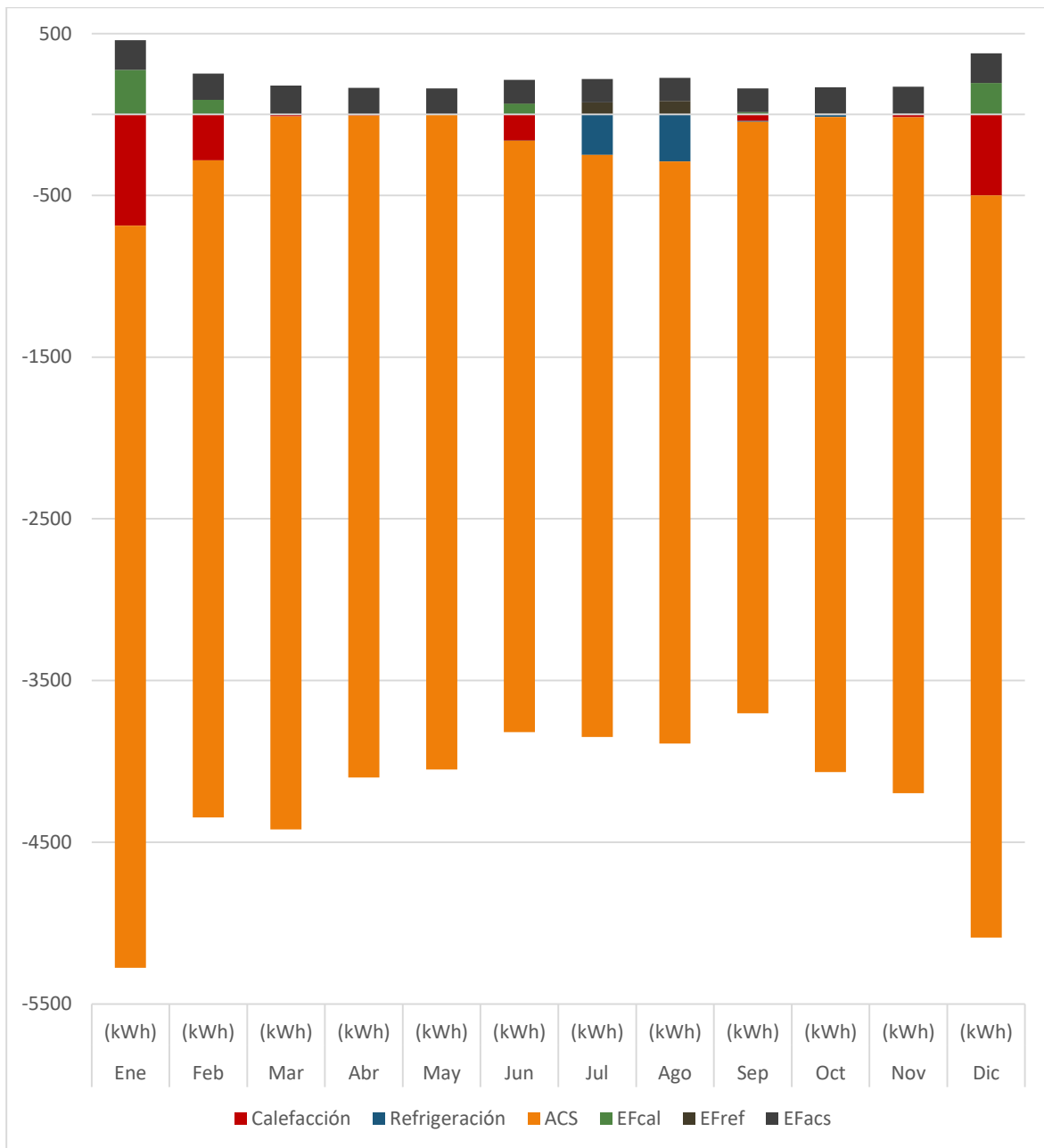
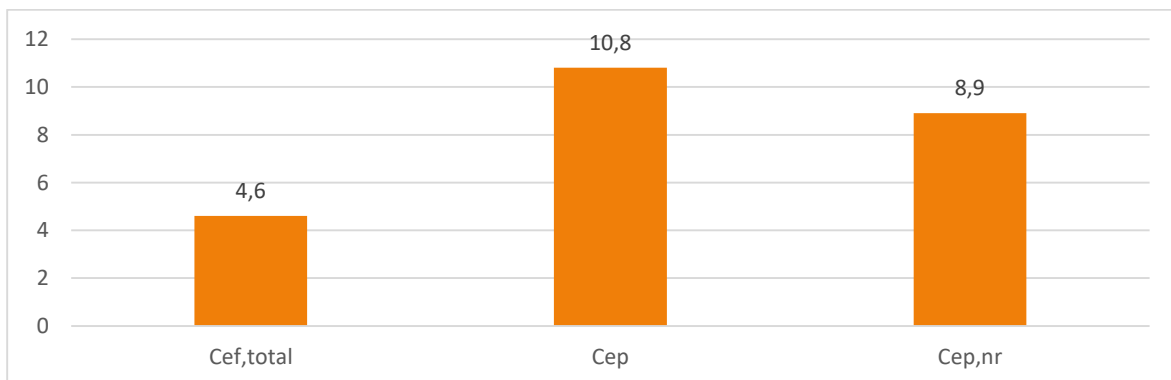


Gráfico 8.32. Desglose del consumo de energía en función de si la fuente es renovable del escenario 1 modelo 04, en kWh/m²·año





8.6.2. Escenario 2: Hyperinverter + Biomasa

Tabla 8.14. Escenario 2 del modelo 04

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año	
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/año)	(kWh/m ² ·año)
Demanda energética	Calefacción	-686,8	-282,6	-11,7	-6,5	0	-161,5	-0,7	0	-40,2	-2,2	-17,4	-499,7	-1709,3	-2,8
	Refrigeración	0	0	0	0	0	-0,3	-249,6	-290,3	-5	-13,7	0	0	-558,9	-0,9
	ACS	-4589,3	-4063,9	-4409,3	-4092,9	-4049,4	-3657,5	-3599,4	-3599,4	-3657,5	-4049,4	-4180	-4589,3	-48537	-80,2
	TOTAL	-5276,1	-4346,5	-4421	-4099,4	-4049,4	-3819,2	-3849,7	-3889,7	-3702,7	-4065,2	-4197,4	-5088,9	-50805,2	-83,9
Electricidad (fcep = 1,954)	EF_{cal}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	EP_{cal}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	EP_{nr,cal}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	EF_{ref}	0	0	0	0	0	0,1	58,2	65	1,7	4,6	0	0	129,5	0,2
	EP_{ref}	0	0	0	0	0	0,1	137,7	154	4	11	0	0	306,7	0,5
	EP_{nr,ref}	0	0	0	0	0	0,1	113,6	127	3,3	9,1	0	0	253,1	0,4
	EF_{acs}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	EP_{acs}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	EP_{nr,acs}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	EF_{cal}	634,3	263,5	10	5,3	0	89,4	1,7	0	30,2	2,6	15,9	466,6	1519,6	2,5
	EP_{cal}	706	293,3	11,1	5,9	0	99,6	1,9	0	33,6	2,9	17,7	519,4	1691,3	2,8
	EP_{nr,cal}	53,9	22,4	0,8	0,5	0	7,6	0,1	0	2,6	0,2	1,4	39,6	129	0,2
Biomasa densificada (pellets) (fcep = 0,085)	EF_{ref}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	EP_{ref}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	EP_{nr,ref}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	EF_{acs}	4934,7	4369,7	4741,2	4401	4354,1	3932,8	3870,3	3870,3	3932,8	4354,1	4494,6	4934,7	52190,4	86,2
	EP_{acs}	5492,3	4863,5	5276,9	4898,3	4846,2	4377,2	4307,7	4307,7	4377,2	4846,2	5002,5	5492,3	58087,9	96
	EP_{nr,acs}	419,1	371,1	402,6	373,7	369,8	334	328,7	328,7	334	369,8	381,7	419,1	4432,1	7,3
Electricidad autoconsumida (fcep = 1,954)	EF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	EP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	EP_{nr}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
C_{ef,total}	C_{ef,total}	5569	4633,2	4751,1	4406,3	4354,1	4022,3	3930,2	3935,4	3964,6	4361,4	4510,5	5401,3	53839,5	89
	C_{ep}	6198,3	5156,8	5288	4904,2	4846,2	4476,9	4447,3	4461,6	4414,7	4860	5020,2	6011,7	60086	99,3
	C_{ep,nr}	472,9	393,5	403,5	374,2	369,8	341,7	442,5	455,7	339,8	379	383	458,7	4814,3	8

- S_u: Superficie habitable del edificio, m²,
- V: Volumen neto habitable del edificio, m³,
- f_{cep}: Factor de conversión de energía final a energía primaria procedente de fuentes no renovables,
- EF: Energía final consumida por el sistema en punto de consumo, kWh,
- EP: Consumo energético de energía primaria, kWh,
- EP_{nr}: Consumo energético de energía primaria de origen no renovable, kWh,
- C_{ef,total}: Consumo energético total de energía en punto de consumo, kWh/m²·año,
- C_{ep}: Consumo energético total de energía primaria, kWh/m²·año,
- C_{ep,nr}: Consumo energético total de energía primaria de origen no renovable, kWh/m²·año,

Gráfico 8.33. Consumo energético anual del escenario 2 modelo 04, en kWh

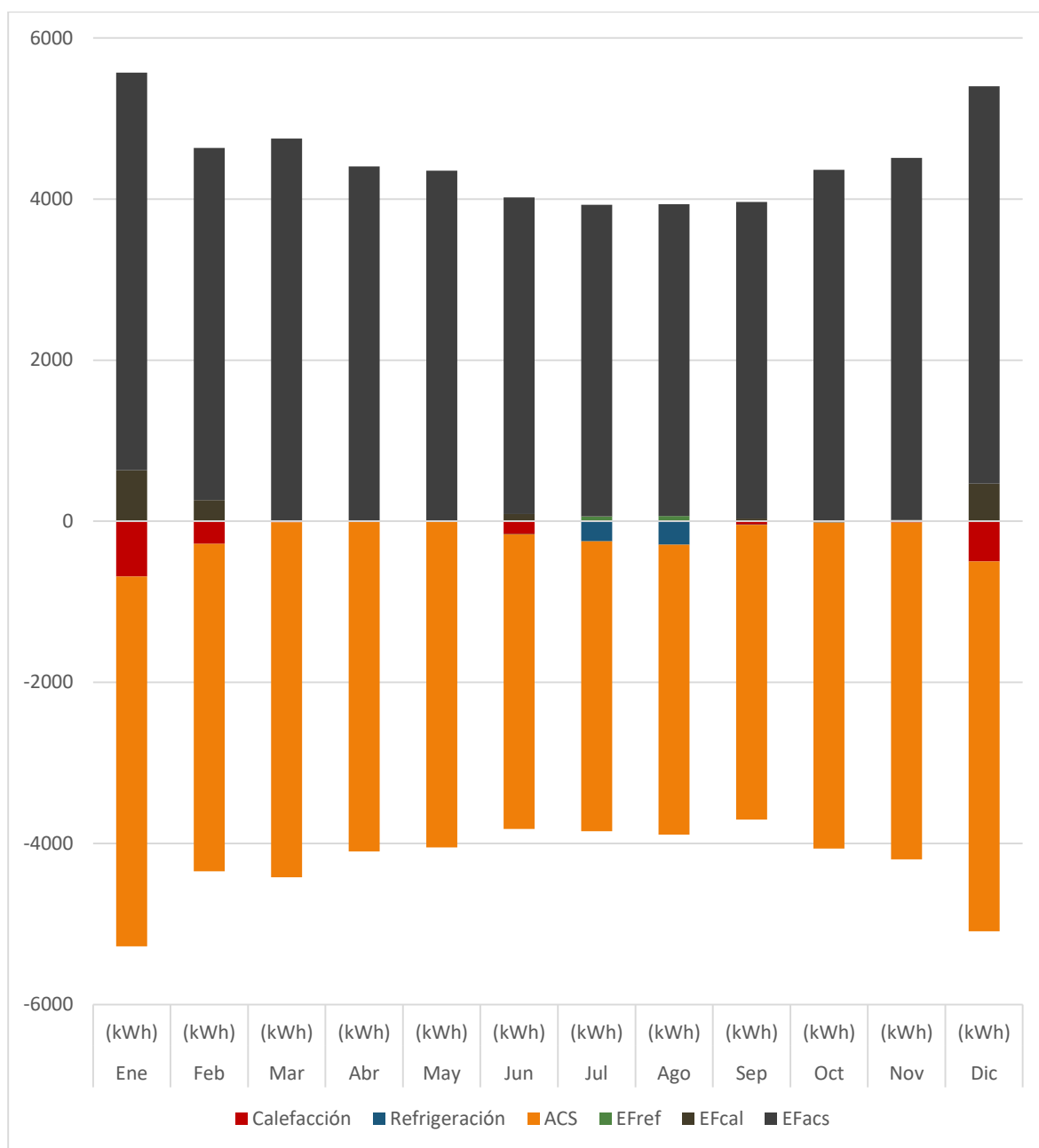
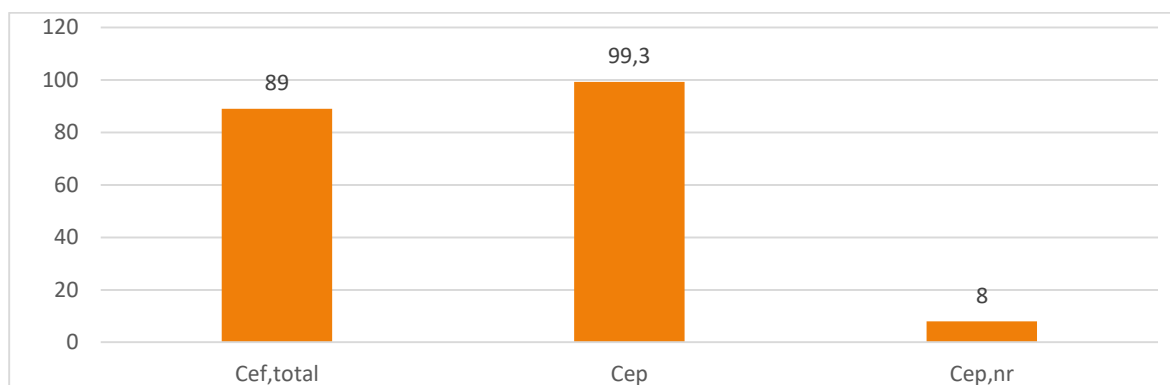


Gráfico 8.34. Desglose del consumo de energía en función de si la fuente es renovable del escenario 2 modelo 04, en kWh/m²·año





8.6.3. Escenario 3: Geotermia + Fotovoltaica + Solar térmica

Tabla 8.15. Escenario 3 del modelo 04

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año	
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/año)	(kWh/m ² ·año)
Demanda energética	Calefacción	-686,8	-282,6	-11,7	-6,5	0	-161,5	-0,7	0	-40,2	-2,2	-17,4	-499,7	-1709,3	-2,8
	Refrigeración	0	0	0	0	0	-0,3	-249,6	-290,3	-5	-13,7	0	0	-558,9	-0,9
	ACS	-4589,3	-4063,9	-4409,3	-4092,9	-4049,4	-3657,5	-3599,4	-3599,4	-3657,5	-4049,4	-4180	-4589,3	-48537	-80,2
	TOTAL	-5276,1	-4346,5	-4421	-4099,4	-4049,4	-3819,2	-3849,7	-3889,7	-3702,7	-4065,2	-4197,4	-5088,9	-50805,2	-83,9
Electricidad (fcep = 1,954)	EP_{cal}	279,1	91,7	2,9	1,6	0	67,7	0,1	0	12,6	0,5	4,8	196,4	657,4	1,1
	EP_{cal}	660,9	217,1	6,9	3,7	0	160,4	0,3	0	29,9	1,2	11,4	465	1556,8	2,6
	EP_{nr,cal}	545,4	179,2	5,7	3,1	0	132,4	0,3	0	24,7	1	9,4	383,7	1284,7	2,1
	EP_{ref}	0	0	0	0	0	0,1	54,3	60,5	1,6	4,4	0	0	120,9	0,2
	EP_{ref}	0	0	0	0	0	0,3	128,6	143,3	3,7	10,5	0	0	286,3	0,5
	EP_{nr,ref}	0	0	0	0	0	0,2	106,1	118,2	3,1	8,6	0	0	236,3	0,4
	EP_{acs}	183,6	162,6	176,4	163,7	162	146,3	144	144	146,3	162	167,2	183,6	1941,5	3,2
	EP_{acs}	434,7	384,9	417,6	387,7	383,6	346,4	340,9	340,9	346,4	383,6	395,9	434,7	4597,4	7,6
	EP_{nr,acs}	358,7	317,6	344,6	319,9	316,5	285,9	281,3	281,3	285,9	316,5	326,7	358,7	3793,8	6,3
	EF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-5310,9	-8,8
	EP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-12576,2	-20,8
	EP_{nr}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-10377,9	-17,1
C_{ef,total}	462,7	254,2	179,3	165,3	162	214,2	198,4	204,5	160,5	166,9	172	379,9	2719,9	4,5	
C_{ep}	1095,6	602	424,5	391,4	383,6	507,1	469,9	484,2	380	395,2	407,3	899,7	6440,5	10,6	
C_{ep,nr}	904,1	496,8	350,3	323	316,5	418,5	387,7	399,6	313,6	326,1	336,1	742,4	0	0,0	

S_u: Superficie habitable del edificio, m²,

V: Volumen neto habitable del edificio, m³,

f_{cep}: Factor de conversión de energía final a energía primaria procedente de fuentes no renovables,

EF: Energía final consumida por el sistema en punto de consumo, kWh,

EP: Consumo energético de energía primaria, kWh,

EP_{nr}: Consumo energético de energía primaria de origen no renovable, kWh,

C_{ef,total}: Consumo energético total de energía en punto de consumo, kWh/m²·año,

C_{ep}: Consumo energético total de energía primaria, kWh/m²·año,

C_{ep,nr}: Consumo energético total de energía primaria de origen no renovable, kWh/m²·año,



METODOLOGÍA DE DISEÑO Y ANÁLISIS DE SOLUCIONES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA CONSECUCCIÓN DE EDIFICIOS DE CONSUMO CASI NULO (NZEB)

Gráfico 8.35. Consumo energético anual del escenario 3 modelo 04, en kWh

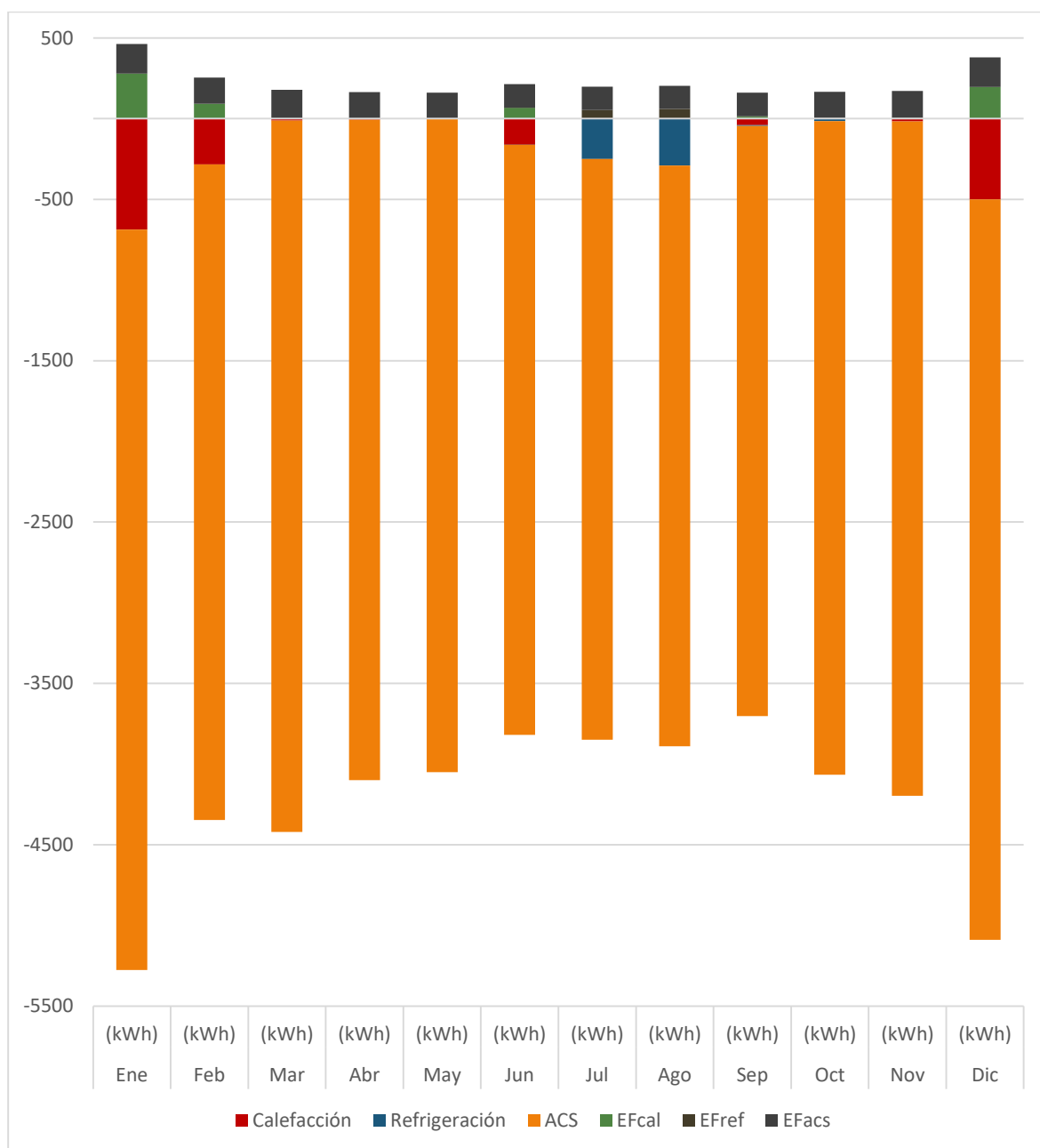
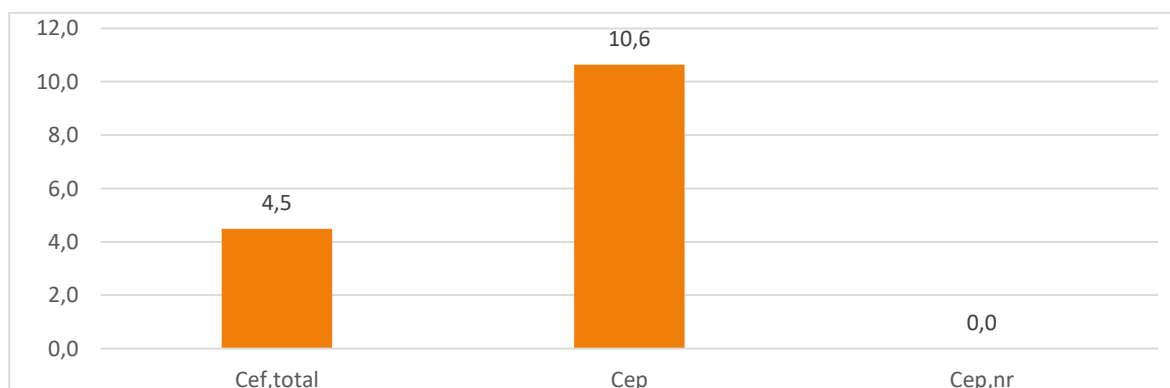


Gráfico 8.36. Desglose del consumo de energía en función de si la fuente es renovable del escenario 3 modelo 04, en kWh/m²·año





8.7. Fase Delta del modelo 05

Se detallan los posibles modelos de nZEB, tres escenarios, contemplados como solución de la metodología para el modelo 05.

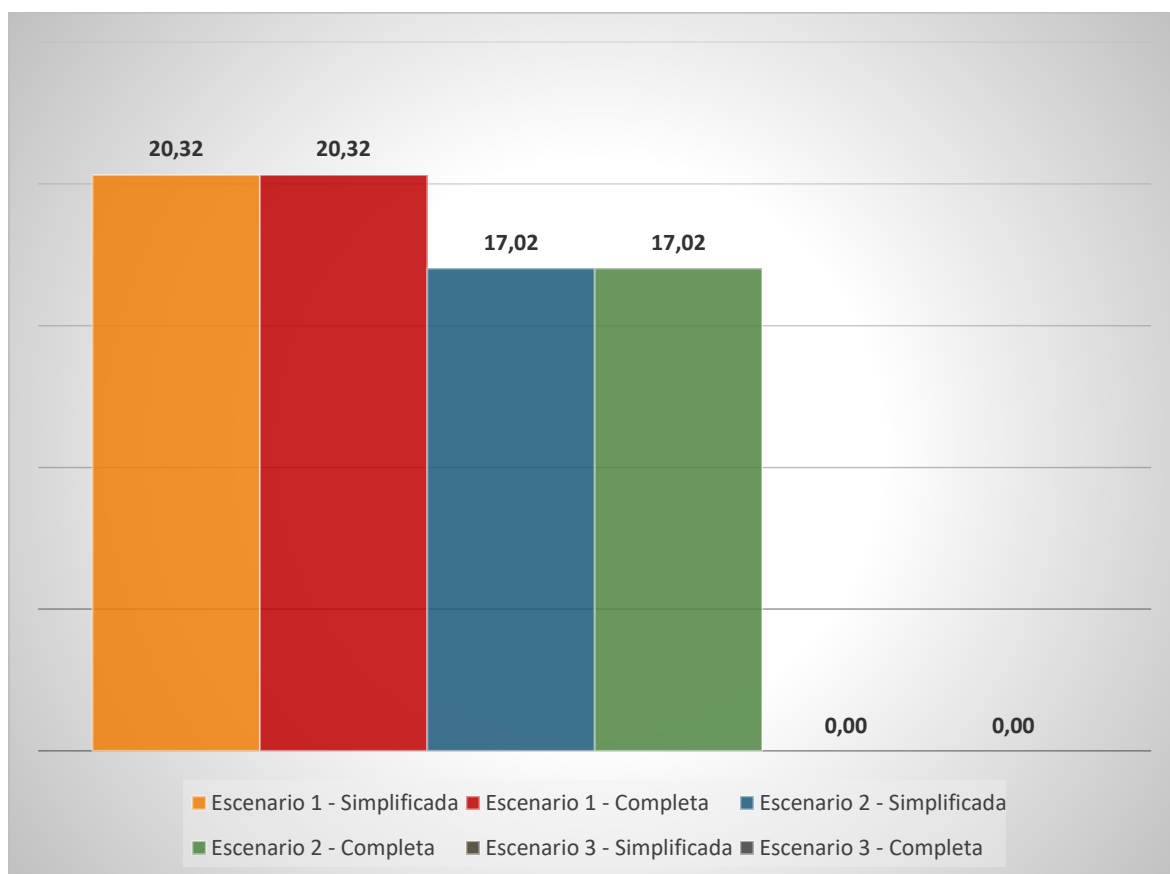
Escenario 1. Escenario de edificio nZEB. La climatización del modelo se realiza con una bomba de calor aerotérmica y la generación de ACS con una combinación de energía solar térmica aportando el 80% de la demanda y el resto mediante la bomba de calor. El consumo final de energía primaria no renovable es de 20,32 (kWh/(m²·a)). Los resultados del escenario pueden consultarse en la sección correspondiente.

Escenario 2. Escenario de edificio nZEB. La refrigeración del modelo se realiza con una bomba de calor aerotérmica y la calefacción y la generación de ACS mediante el uso de una caldera de biomasa alimentada por pellets. El consumo final de energía primaria no renovable es de 17,32 (kWh/(m²·a)). Los resultados del escenario pueden consultarse en la sección correspondiente.

Escenario 3. Escenario de edificio 0. La climatización del modelo se realiza con una bomba de calor geotérmica y la generación de ACS con una combinación de energía solar térmica aportando el 80% de la demanda y el resto mediante la bomba de calor. Los consumos eléctricos resultantes de la bomba de calor son suficientemente pequeños para cubrirlos mediante una instalación de energía solar fotovoltaica, siendo el consumo final de energía primaria no renovable 0. Los resultados del escenario pueden consultarse en la sección correspondiente.

Los 3 escenarios contemplados para el modelo 05 son los siguientes:

Gráfico 8.37. Escenarios del modelo 05, $C_{ep,nr}$ en kWh/m²·año



8.7.1. Escenario 1: Aerotermia + Solar térmica

Tabla 8.16. Escenario 1 del modelo 05

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año		
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/año)	(kWh/ m ² ·año)	
Demanda energética	Calefacción	-441,3	-10,5	-211,6	-63,4	-1640	-866,7	-416,8	-522,8	-711,2	-1730,6	-0,1	-184,8	-6799,9	-3,80	
	Refrigeración	-235,2	-953,8	-837,4	-2178	-2096,2	-3578,1	-6680,2	-6645,2	-3592,2	-2039,7	-1919,6	-360,7	-31116,1	-17,40	
	ACS	-9178,5	-8127,7	-8818,6	-8185,8	-8098,7	-7315	-7198,8	-7198,8	-7315	-8098,7	-8359,9	-9178,5	-97074,1	-54,35	
	TOTAL	-9855	-9092	-9867,5	-10427,1	-11834,9	-11759,7	-14295,8	-14366,8	-11618,4	-11869	-10279,7	-9724	-134990,1	-75,50	
Electricidad (fcep = 1,954)	EF_{cal}	218	5	88	23,6	717,2	349,5	121,5	161,5	241,4	730,7	0,6	89,5	2746,5	1,49	
	EP_{cal}	516,2	11,9	208,3	55,9	1698,3	827,7	287,8	382,3	571,7	1730,2	1,4	212	6503,8	3,63	
	EP_{nr,cal}	426	9,9	171,9	46,1	1401,4	683	237,5	315,5	471,7	1427,8	1,2	174,9	5366,9	2,97	
	EF_{ref}	118,6	391,2	375	830,2	723,7	1285,7	2247,4	2221,4	1337,1	712,4	740,1	170,9	11153,7	6,28	
	EP_{ref}	280,8	926,4	888	1965,9	1713,8	3044,4	5321,9	5260,3	3166,2	1687	1752,5	404,8	26411,9	14,70	
	EP_{nr,ref}	231,7	764,4	732,7	1622,3	1414,2	2512,3	4391,6	4340,8	2612,7	1392,1	1446,1	334	21795,1	12,22	
	EF_{acs}	447,7	396,5	430,2	399,3	395,1	356,8	351,2	351,2	356,8	395,1	407,8	447,7	4735,3	2,64	
	EP_{acs}	1060,2	938,9	1018,7	945,6	935,5	845	831,6	831,6	845	935,5	965,7	1060,2	11213,2	6,28	
	EP_{nr,acs}	874,9	774,7	840,6	780,3	772	697,3	686,2	686,2	697,3	772	796,9	874,9	9253,2	5,12	
	Electricidad auto consumida (fcep = 1,954)	EF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		EP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		EP_{nr}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
C_{ef,total}	784,3	792,7	893,1	1253,1	1836	1992	2720,1	2734	1935,3	1838,1	1148,5	708,2	18635,5	10,41		
	1857,3	1877,2	2115	2967,3	4347,6	4717,1	6441,2	6474,2	4582,8	4352,7	2719,6	1677	44128,9	24,61		
	1532,6	1549	1745,3	2448,7	3587,6	3892,5	5315,3	5342,5	3781,7	3591,8	2244,2	1383,8	36415,2	20,32		

S_u: Superficie habitable del edificio, m²,

V: Volumen neto habitable del edificio, m³,

f_{cep}: Factor de conversión de energía final a energía primaria procedente de fuentes no renovables,

EF: Energía final consumida por el sistema en punto de consumo, kWh,

EP: Consumo energético de energía primaria, kWh,

EP_{nr}: Consumo energético de energía primaria de origen no renovable, kWh,

C_{ef,total}: Consumo energético total de energía en punto de consumo, kWh/m²·año,

C_{ep}: Consumo energético total de energía primaria, kWh/m²·año,

C_{ep,nr}: Consumo energético total de energía primaria de origen no renovable, kWh/m²·año,



Gráfico 8.38. Consumo energético anual del escenario 1 modelo 05, en kWh

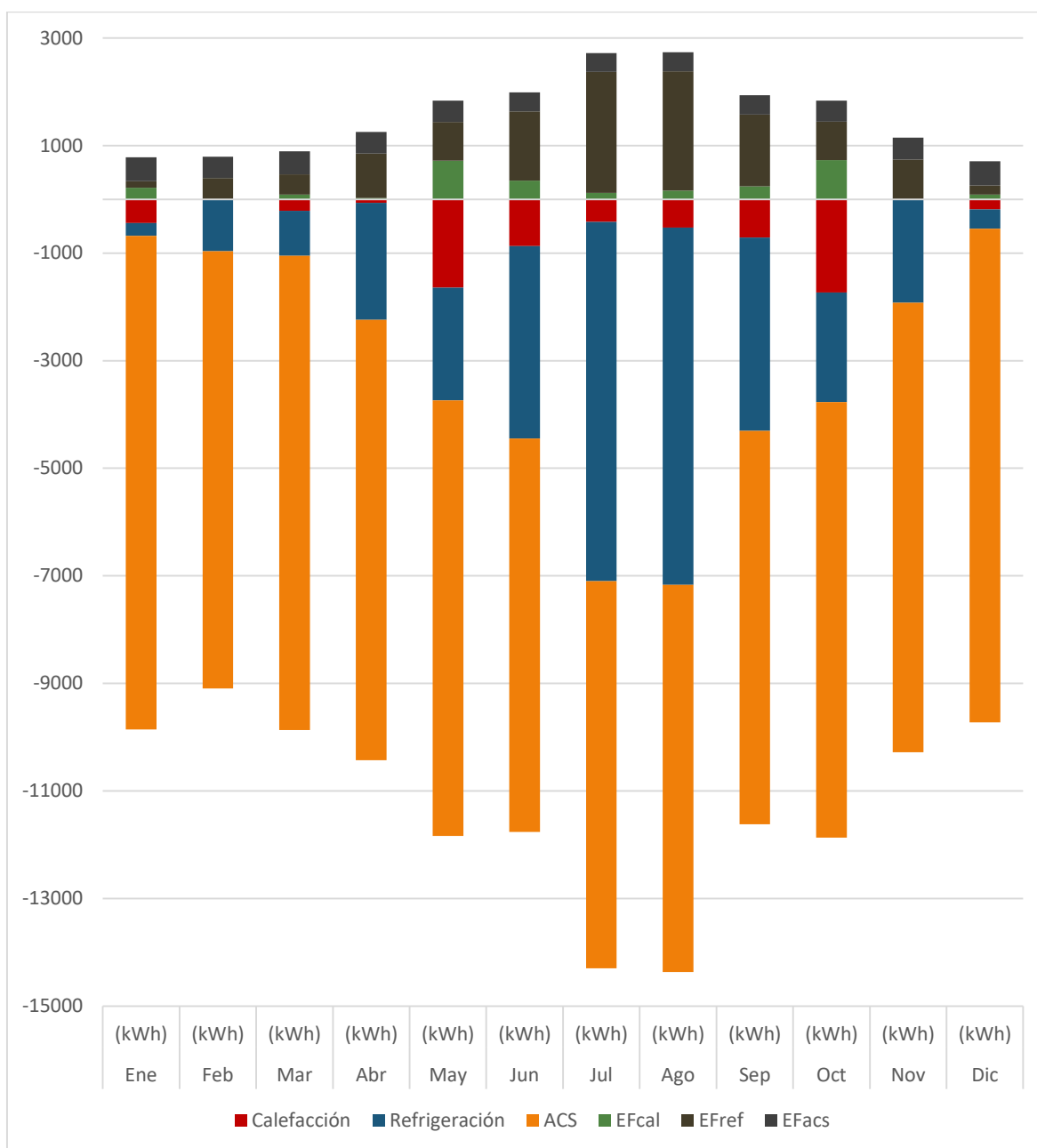
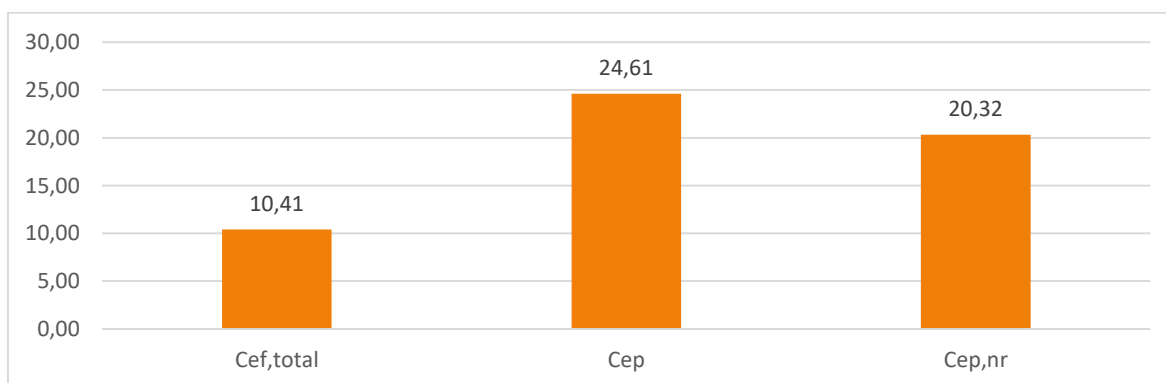


Gráfico 8.39. Desglose del consumo de energía en función de si la fuente es renovable del escenario 1 modelo 05, en kWh/m²-año



8.7.2. Escenario 2: Aerotermia + Biomasa

Tabla 8.17. Escenario 2 del modelo 05

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año		
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/año)	(kWh/ m ² -año)	
Demanda energética	Calefacción	-441,3	-10,5	-211,6	-63,4	-1640	-866,7	-416,8	-522,8	-711,2	-1730,6	-0,1	-184,8	-6799,9	-3,80	
	Refrigeración	-235,2	-953,8	-837,4	-2178	-2096,2	-3578,1	-6680,2	-6645,2	-3592,2	-2039,7	-1919,6	-360,7	-31116,1	-17,40	
	ACS	-9178,5	-8127,7	-8818,6	-8185,8	-8098,7	-7315	-7198,8	-7198,8	-7315	-8098,7	-8359,9	-9178,5	-97074,1	-54,35	
	TOTAL	-9855	-9092	-9867,5	-10427,1	-11834,9	-11759,7	-14295,8	-14366,8	-11618,4	-11869	-10279,7	-9724	-134990,1	-75,50	
Electricidad (fcep = 1,954)	EF_{cal}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	EP_{cal}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	EP_{nr,cal}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	EF_{ref}	118,1	392,3	374,4	832,8	626,2	1233,9	2243,5	2210,4	1309,2	668,5	730,2	170,8	10910,5	6,11	
	EP_{ref}	279,7	928,9	886,6	1972,1	1482,9	2921,9	5312,6	5234,3	3100,3	1583,1	1729,1	404,4	25836	14,37	
	EP_{nr,ref}	230,8	766,5	731,6	1627,4	1223,7	2411,2	4384	4319,4	2558,3	1306,4	1426,8	333,7	21319,8	11,89	
	EF_{acs}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	EP_{acs}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	EP_{nr,acs}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Biomasa densificada (pellets) (fcep = 0,085)	EF_{cal}	273,9	6	128,9	42,1	858,4	457,7	144,3	199,9	333,8	890,2	2,4	123,5	3461,3	1,98
		EP_{cal}	304,9	6,7	143,5	46,8	955,4	509,4	160,6	222,5	371,6	990,8	2,7	137,5	3852,4	2,15
		EP_{nr,cal}	23,3	0,5	10,9	3,6	72,9	38,9	12,3	17	28,4	75,6	0,2	10,5	293,9	0,17
EF_{ref}		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
EP_{ref}		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
EP_{nr,ref}		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
EF_{acs}		9869,4	8739,5	9482,3	8801,9	8708,3	7865,5	7740,7	7740,7	7865,5	8708,3	8989,2	9869,4	104380,8	58,32	
EP_{acs}		10984,6	9727,1	10553,9	9796,5	9692,3	8754,3	8615,4	8615,4	8754,3	9692,3	10005	10984,6	116175,8	64,92	
EP_{nr,acs}		838,1	742,2	805,3	747,5	739,5	668	657,4	657,4	668	739,5	763,4	838,1	8864,2	4,96	
Electricidad auto consumida (fcep = 1,954)		EF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		EP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		EP_{nr}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C_{ef,totalef}	10261,5	9137,8	9985,7	9676,8	10192,9	9557,2	10128,5	10151	9508,6	10267	9721,8	10163,7	118752,5	66,41		
	C_{ep}	11569,2	10662,6	11584	11815,5	12130,6	12185,7	14088,6	14072,2	12226,2	12266,2	11736,8	11526,5	145864,1	81,61	
	C_{ep,nr}	1092,2	1509,2	1547,9	2378,4	2036,1	3118	5053,6	4993,7	3254,6	2121,5	2190,4	1182,3	30478	17,02	

- S_u: Superficie habitable del edificio, m²,
- V: Volumen neto habitable del edificio, m³,
- f_{cep}: Factor de conversión de energía final a energía primaria procedente de fuentes no renovables,
- EF: Energía final consumida por el sistema en punto de consumo, kWh,
- EP: Consumo energético de energía primaria, kWh,
- EP_{nr}: Consumo energético de energía primaria de origen no renovable, kWh,
- C_{ef,totalef}: Consumo energético total de energía en punto de consumo, kWh/m²-año,
- C_{ep}: Consumo energético total de energía primaria, kWh/m²-año,
- C_{ep,nr}: Consumo energético total de energía primaria de origen no renovable, kWh/m²-año,



Gráfico 8.40. Consumo energético anual del escenario 2 modelo 05, en kWh

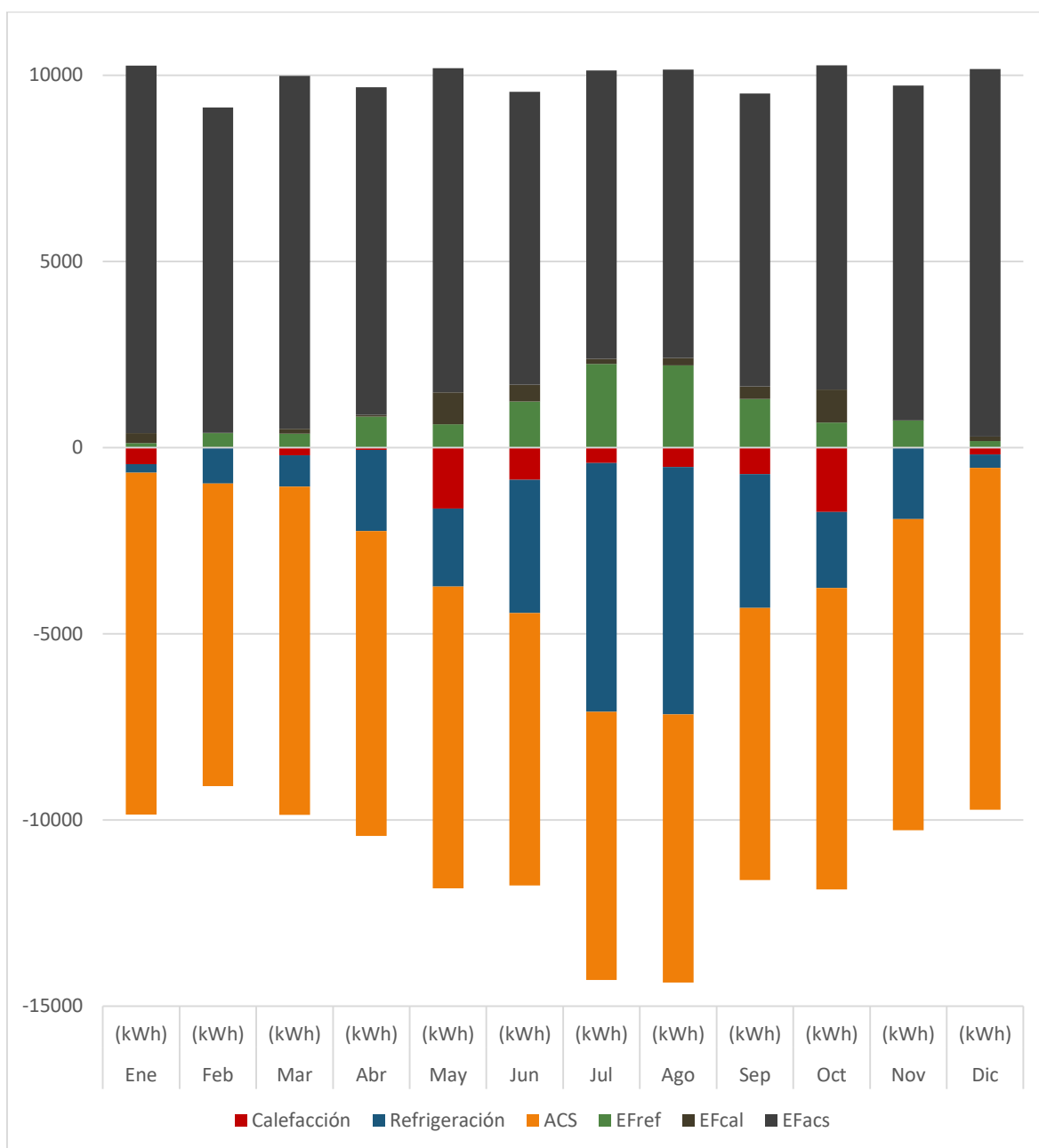
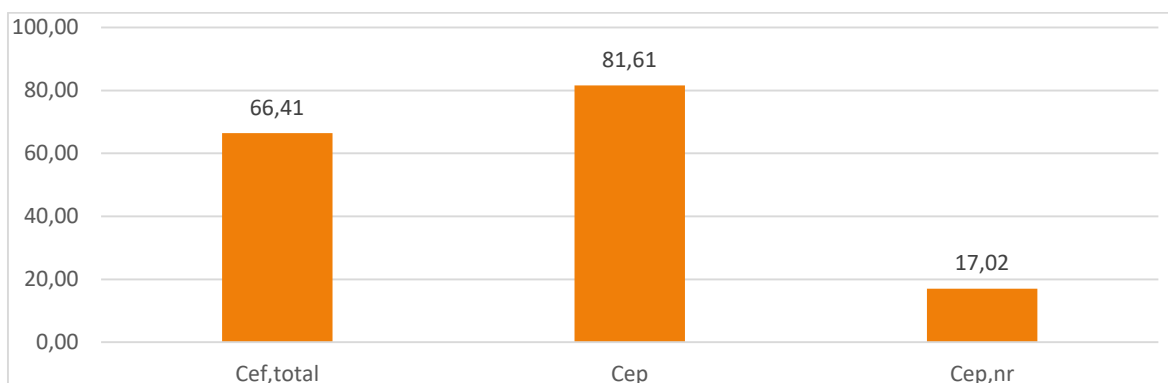


Gráfico 8.41. Desglose del consumo de energía en función de si la fuente es renovable del escenario 2 modelo 05, en kWh/m²·año



8.7.3. Escenario 3: Geotermia + Fotovoltaica + Solar térmica

Tabla 8.18. Escenario 3 del modelo 05

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año		
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/año)	(kWh/ m ² -año)	
Demanda energética	Calefacción	-441,3	-10,5	-211,6	-63,4	-1640	-866,7	-416,8	-522,8	-711,2	-1730,6	-0,1	-184,8	-6799,9	-3,80	
	Refrigeración	-235,2	-953,8	-837,4	-2178	-2096,2	-3578,1	-6680,2	-6645,2	-3592,2	-2039,7	-1919,6	-360,7	-31116,1	-17,40	
	ACS	-9178,5	-8127,7	-8818,6	-8185,8	-8098,7	-7315	-7198,8	-7198,8	-7315	-8098,7	-8359,9	-9178,5	-97074,1	-54,35	
	TOTAL	-9855	-9092	-9867,5	-10427,1	-11834,9	-11759,7	-14295,8	-14366,8	-11618,4	-11869	-10279,7	-9724	-134990,1	-75,50	
Electricidad (fcep = 1,954)	EP_{cal}	201,5	4,6	82,1	21,6	673,1	326,6	113,4	150,9	225,4	683,8	0,5	83,1	2566,7	1,49	
	EP_{cal}	477,2	11	194,5	51,2	1593,9	773,4	268,6	357,2	533,8	1619,3	1,2	196,7	6078	3,47	
	EP_{nr,cal}	393,8	9,1	160,5	42,3	1315,3	638,2	221,7	294,8	440,5	1336,2	1	162,3	5015,6	2,81	
	EP_{ref}	85,9	283,5	271,7	601,6	524,4	931,6	1628,6	1609,7	968,9	516,2	536,3	123,9	8082,4	4,46	
	EP_{ref}	203,5	671,3	643,4	1424,6	1241,9	2206,1	3856,4	3811,8	2294,3	1222,4	1269,9	293,3	19139	10,74	
	EP_{nr,ref}	167,9	553,9	531	1175,6	1024,8	1820,5	3182,3	3145,5	1893,3	1008,8	1047,9	242	15793,5	8,76	
	EP_{acs}	367,1	325,1	352,7	327,4	323,9	292,6	288	288	292,6	323,9	334,4	367,1	3883	2,15	
	EP_{acs}	869,4	769,9	835,3	775,4	767,1	692,9	681,9	681,9	692,9	767,1	791,9	869,4	9194,9	5,12	
	EP_{nr,acs}	717,4	635,3	689,3	639,8	633	571,8	562,7	562,7	571,8	633	653,4	717,4	7587,6	4,30	
	Electricidad auto consumida (fcep = 1,954)	EF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-28283,1	-15,86
		EP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-66974,4	-37,50
		EP_{nr}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-55267,3	-30,89
C_{ef,total}	654,6	613,2	706,6	950,7	1521,5	1550,9	2030	2048,5	1486,9	1524	871,2	574,1	14532,2	8,12		
C_{ep}	1550,1	1452,1	1673,2	2251,1	3603	3672,4	4806,9	4850,9	3520,9	3608,8	2062,9	1359,4	34411,7	19,24		
C_{ep,nr}	1279,2	1198,3	1380,7	1857,6	2973,2	3030,5	3966,7	4003	2905,5	2978	1702,3	1121,7	0	0,00		

S_u: Superficie habitable del edificio, m²,

V: Volumen neto habitable del edificio, m³,

f_{cep}: Factor de conversión de energía final a energía primaria procedente de fuentes no renovables,

EF: Energía final consumida por el sistema en punto de consumo, kWh,

EP: Consumo energético de energía primaria, kWh,

EP_{nr}: Consumo energético de energía primaria de origen no renovable, kWh,

C_{ef,total}: Consumo energético total de energía en punto de consumo, kWh/m²-año,

C_{ep}: Consumo energético total de energía primaria, kWh/m²-año,

C_{ep,nr}: Consumo energético total de energía primaria de origen no renovable, kWh/m²-año,



Gráfico 8.42. Consumo energético anual del escenario 3 modelo 05, en kWh

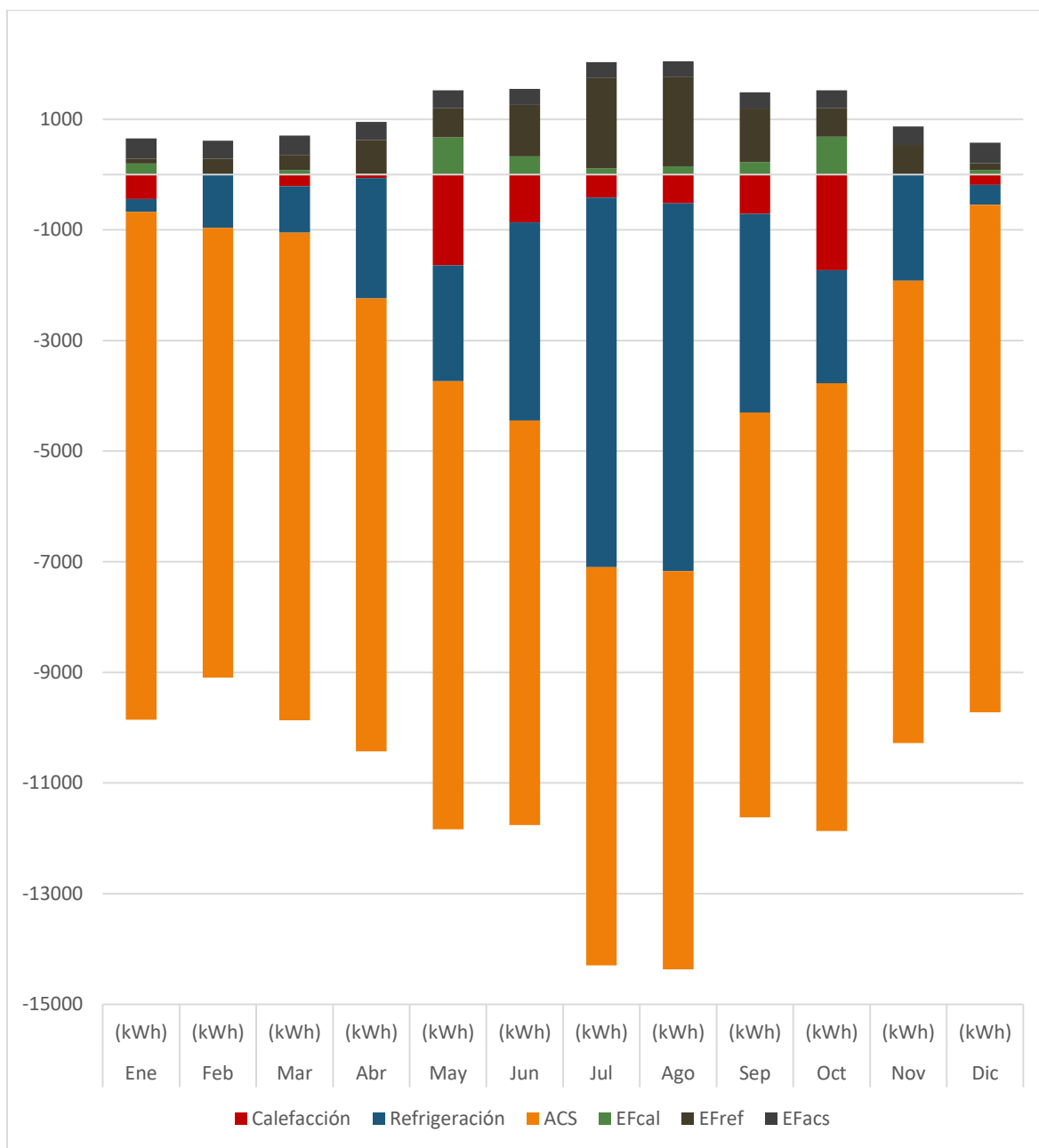
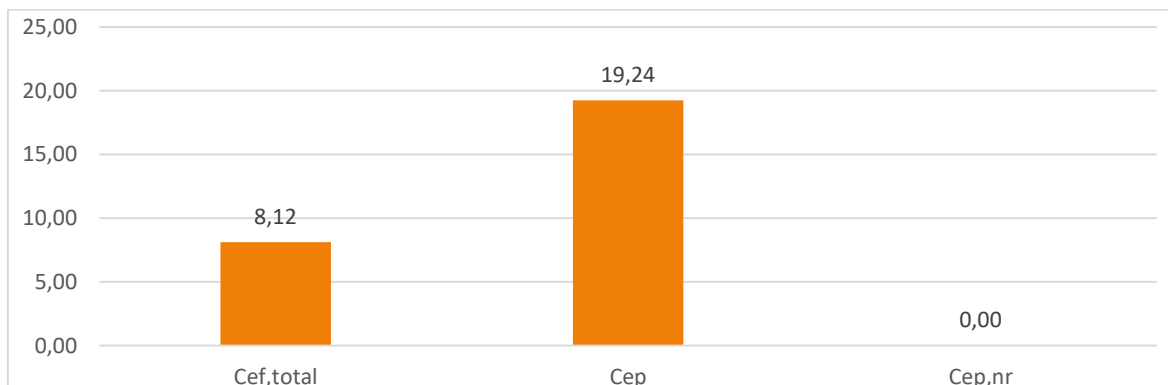


Gráfico 8.43. Desglose del consumo de energía en función de si la fuente es renovable del escenario 3 modelo 05, en kWh/m²-año



8.8. Fase Delta del modelo 06

Se detallan los posibles modelos de nZEB, tres escenarios, contemplados como solución de la metodología para el modelo 06.

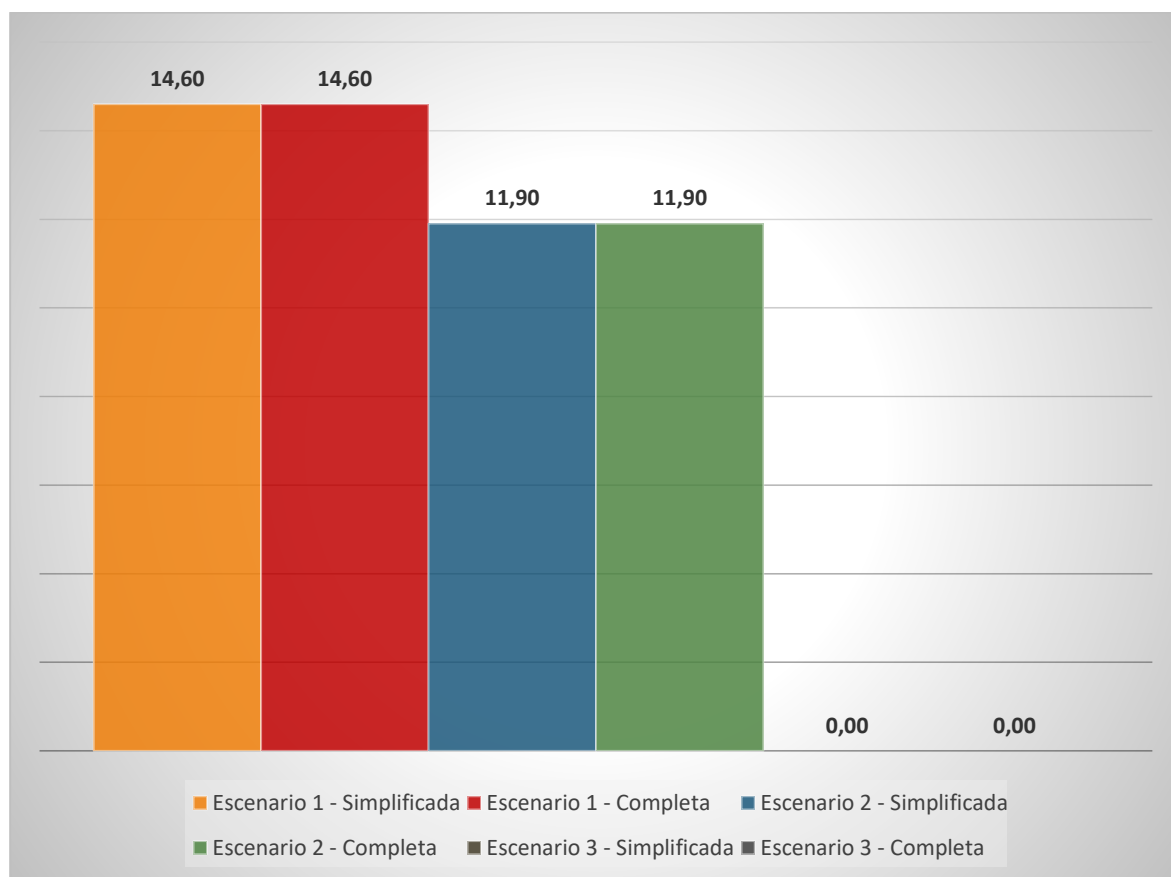
Escenario 1. Escenario de edificio nZEB. La climatización del modelo se realiza con una bomba de calor aerotérmica y la generación de ACS con una combinación de energía solar térmica aportando el 80% de la demanda y el resto mediante la bomba de calor. El consumo final de energía primaria no renovable es de 14,6 (kWh/(m²·a)). Los resultados del escenario pueden consultarse en la sección correspondiente.

Escenario 2. Escenario de edificio nZEB. La refrigeración del modelo se realiza con un sistema hyperinverter y la calefacción y la generación de ACS mediante el uso de una caldera de biomasa alimentada por pellets. El consumo final de energía primaria no renovable es de 11,9 (kWh/(m²·a)). Los resultados del escenario pueden consultarse en la sección correspondiente.

Escenario 3. Escenario de edificio 0. La climatización del modelo se realiza con una bomba de calor geotérmica y la generación de ACS con una combinación de energía solar térmica aportando el 80% de la demanda y el resto mediante la bomba de calor. Los consumos eléctricos resultantes de la bomba de calor son suficientemente pequeños para cubrirlos mediante una instalación de energía solar fotovoltaica, siendo el consumo final de energía primaria no renovable 0. Los resultados del escenario pueden consultarse en la sección correspondiente.

Los 3 escenarios contemplados para el modelo 06 son los siguientes:

Gráfico 8.44. Escenarios del modelo 06, $C_{ep,nr}$ en kWh/m²·año





8.8.1. Escenario 1: Aerotermia + Solar térmica

Tabla 8.19. Escenario 1 del modelo 06

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año	
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/año)	
Demanda energética	Calefacción	-1650,8	-641,3	-10,7	-1,1	0	-27,3	0	0	-5,1	-8,7	-142,5	-1340	-3827,6	-5,5
	Refrigeración	0	0	-13	-136,4	-405,4	-10,9	-585	-629,4	-28,1	-452,3	-16,2	0	-2276,5	-3,3
	ACS	-7342,8	-6502,2	-7054,9	-6548,6	-6479	-5852	-5759,1	-5759,1	-5852	-6479	-6688	-7342,8	-77659,3	-112,1
	TOTAL	-8993,7	-7143,5	-7078,6	-6686,1	-6884,4	-5890,2	-6344	-6388,5	-5885,2	-6940	-6846,6	-8682,8	-83763,4	-120,9
Electricidad (fcep = 1,954)	EP_{cal}	699,6	222,1	2,6	0,3	0	11,4	0	0	2,3	4,1	45	534,4	1521,8	2,2
	EP_{col}	1656,7	526	6,1	0,6	0	27	0	0	5,5	9,7	106,5	1265,4	3603,6	5,2
	EP_{nr,col}	1367,1	434,1	5	0,5	0	22,3	0	0	4,6	8	87,9	1044,2	2973,7	4,3
	EF_{ref}	0	0	4,2	32,1	92,2	4,4	151,1	159,4	8,9	97,7	5,7	0	555,8	0,8
	EP_{ref}	0	0	10	76	218,2	10,3	357,8	377,5	21,2	231,5	13,6	0	1316,1	1,9
	EP_{nr,ref}	0	0	8,3	62,7	180,1	8,5	295,3	311,6	17,5	191	11,2	0	1086,1	1,6
	EF_{acs}	293,7	260,1	282,2	261,9	259,2	234,1	230,4	230,4	234,1	259,2	267,5	293,7	3106,4	4,5
	EP_{acs}	695,5	615,9	668,2	620,3	613,7	554,3	545,5	545,5	554,3	613,7	633,5	695,5	7355,9	10,6
	EP_{nr,acs}	573,9	508,2	551,4	511,9	506,4	457,4	450,1	450,1	457,4	506,4	522,8	573,9	6070,1	8,8
	Electricidad auto consumida (fcep = 1,954)	EF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
EP_{nr}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
C_{ef,total}	993,3	482,2	289	294,3	351,3	249,8	381,5	389,8	245,4	361	318,3	828,1	5183,9	7,5	
C_{ep}	2352,2	1141,9	684,3	696,9	831,9	591,6	903,3	923	581	854,8	753,6	1960,9	12275,6	17,7	
C_{ep,nr}	1941	942,3	564,7	575,1	686,5	488,2	745,4	761,7	479,4	705,4	621,9	1618,2	10129,8	14,6	

S_u: Superficie habitable del edificio, m²,

V: Volumen neto habitable del edificio, m³,

f_{cep}: Factor de conversión de energía final a energía primaria procedente de fuentes no renovables,

EF: Energía final consumida por el sistema en punto de consumo, kWh,

EP: Consumo energético de energía primaria, kWh,

EP_{nr}: Consumo energético de energía primaria de origen no renovable, kWh,

C_{ef,total}: Consumo energético total de energía en punto de consumo, kWh/m²-año,

C_{ep}: Consumo energético total de energía primaria, kWh/m²-año,

C_{ep,nr}: Consumo energético total de energía primaria de origen no renovable, kWh/m²-año,

Gráfico 8.45. Consumo energético anual del escenario 1 modelo 06, en kWh

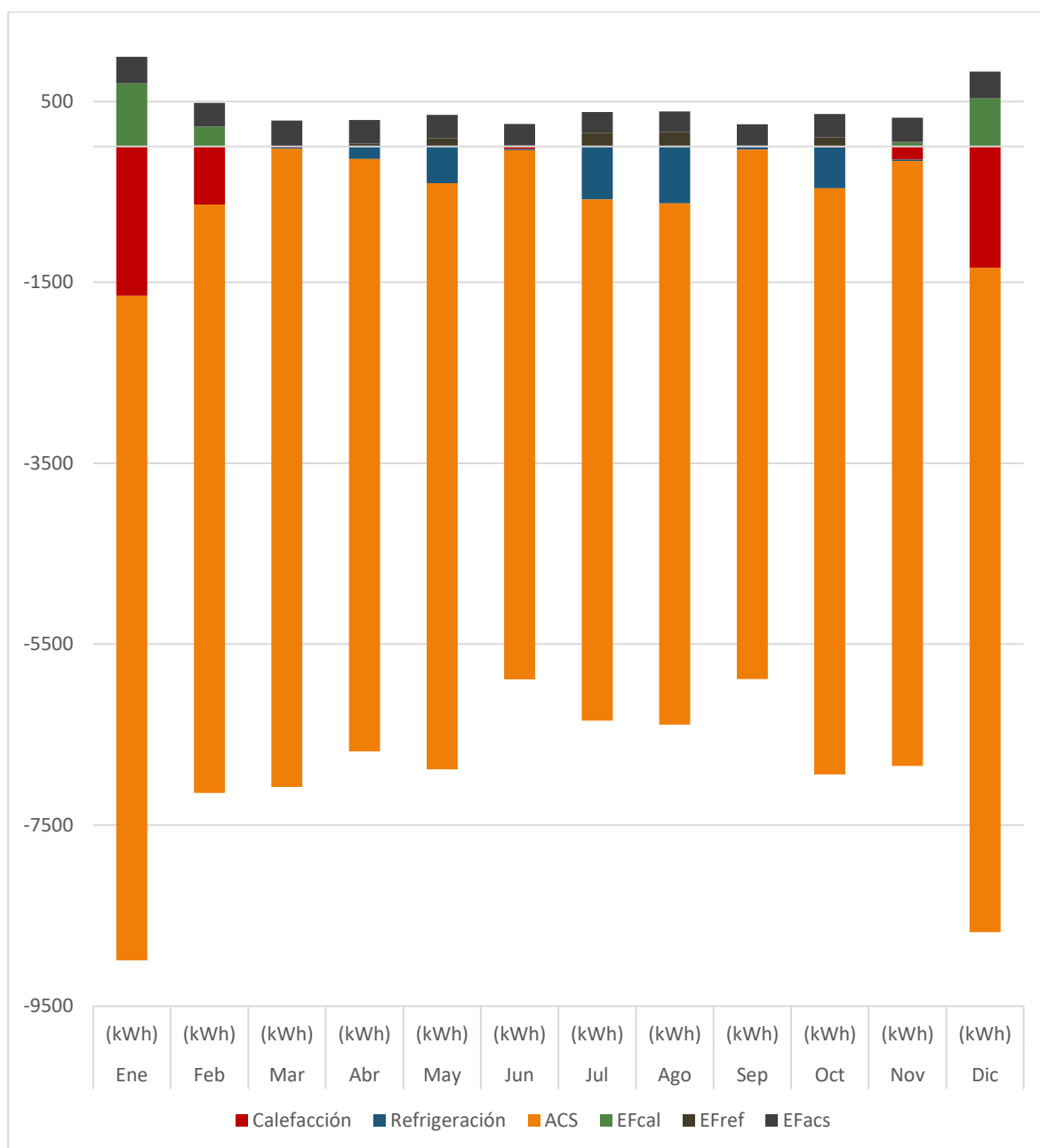
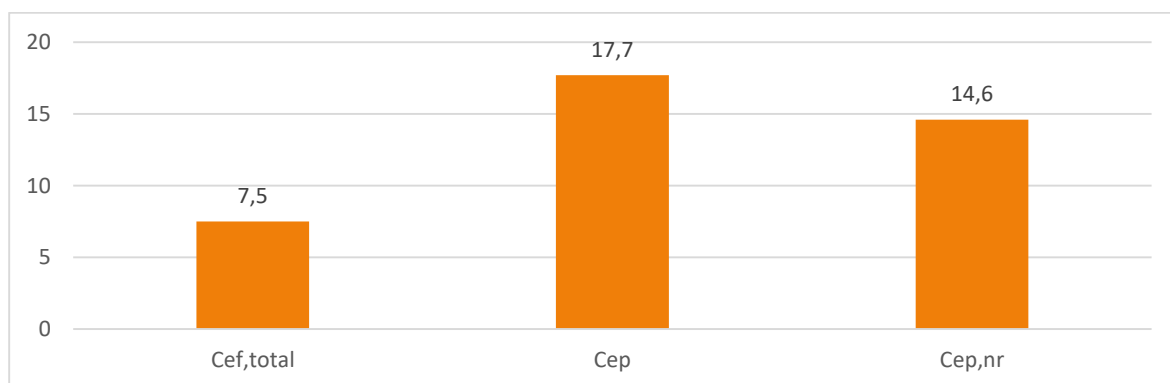


Gráfico 8.46. Desglose del consumo de energía en función de si la fuente es renovable del escenario 1 modelo 06, en kWh/m²·año





8.8.2. Escenario 2: Hyperinverter + Biomasa

Tabla 8.20. Escenario 2 del modelo 06

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año	
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/año)	(kWh/ m ² ·año)
Demanda energética	Calefacción	-1650,8	-641,3	-10,7	-1,1	0	-27,3	0	0	-5,1	-8,7	-142,5	-1340	-3827,6	-5,5
	Refrigeración	0	0	-13	-136,4	-405,4	-10,9	-585	-629,4	-28,1	-452,3	-16,2	0	-2276,5	-3,3
	ACS	-7342,8	-6502,2	-7054,9	-6548,6	-6479	-5852	-5759,1	-5759,1	-5852	-6479	-6688	-7342,8	-77659,3	-112,1
	TOTAL	-8993,7	-7143,5	-7078,6	-6686,1	-6884,4	-5890,2	-6344	-6388,5	-5885,2	-6940	-6846,6	-8682,8	-83763,4	-120,9
Electricidad (fcep = 1,954)	EF_{cal}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	EP_{cal}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	EP_{nr,cal}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	EF_{ref}	0	0	3,3	25	71,9	3,4	117,8	124,3	7	76,3	4,4	0	433,4	0,6
	EP_{ref}	0	0	7,8	59,2	170,2	8	279	294,4	16,5	180,7	10,5	0	1026,2	1,5
	EP_{nr,ref}	0	0	6,4	48,8	140,5	6,6	230,2	242,9	13,6	149,1	8,7	0	846,8	1,2
	EF_{acs}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	EP_{acs}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	EP_{nr,acs}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	EF_{cal}	1617,7	624,4	8,8	0,5	0	19,4	0	0	4	9,2	132,4	1317	3733,4	5,4
	EP_{cal}	1800,5	695	9,8	0,6	0	21,6	0	0	4,5	10,2	147,3	1465,8	4155,2	6
	EP_{nr,cal}	137,4	53	0,7	0	0	1,6	0	0	0,3	0,8	11,2	111,8	317	0,5
Biomasa densificada (pellets) (fcep = 0,085)	EF_{ref}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	EP_{ref}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	EP_{nr,ref}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	EF_{acs}	7895,5	6991,6	7585,9	7041,5	6966,6	6292,4	6192,6	6192,6	6292,4	6966,6	7191,4	7895,5	83504,6	120,5
	EP_{acs}	8787,7	7781,6	8443,1	7837,2	7753,9	7003,5	6892,3	6892,3	7003,5	7753,9	8004	8787,7	92940,6	134,1
	EP_{nr,acs}	670,5	593,7	644,2	598	591,6	534,4	525,9	525,9	534,4	591,6	610,7	670,5	7091,4	10,2
Electricidad autoconsumida (fcep = 1,954)	EF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	EP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	EP_{nr}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
C_{ef,total}	C_{ef,total}	9513,2	7616	7598	7067,1	7038,5	6315,2	6310,4	6316,9	6303,4	7052,1	7328,2	9212,5	87671,3	126,5
	C_{ep}	10588,2	8476,7	8460,7	7897	7924,1	7033	7171,3	7186,7	7024,4	7944,7	8161,8	10253,5	98122,1	141,6
	C_{ep,nr}	807,9	646,8	651,4	646,8	732,1	542,6	756,1	768,8	548,3	741,5	630,6	782,3	8255,2	11,9

- S_u: Superficie habitable del edificio, m²,
- V: Volumen neto habitable del edificio, m³,
- f_{cep}: Factor de conversión de energía final a energía primaria procedente de fuentes no renovables,
- EF: Energía final consumida por el sistema en punto de consumo, kWh,
- EP: Consumo energético de energía primaria, kWh,
- EP_{nr}: Consumo energético de energía primaria de origen no renovable, kWh,
- C_{ef,total}: Consumo energético total de energía en punto de consumo, kWh/m²·año,
- C_{ep}: Consumo energético total de energía primaria, kWh/m²·año,
- C_{ep,nr}: Consumo energético total de energía primaria de origen no renovable, kWh/m²·año,

Gráfico 8.47. Consumo energético anual del escenario 2 modelo 06, en kWh

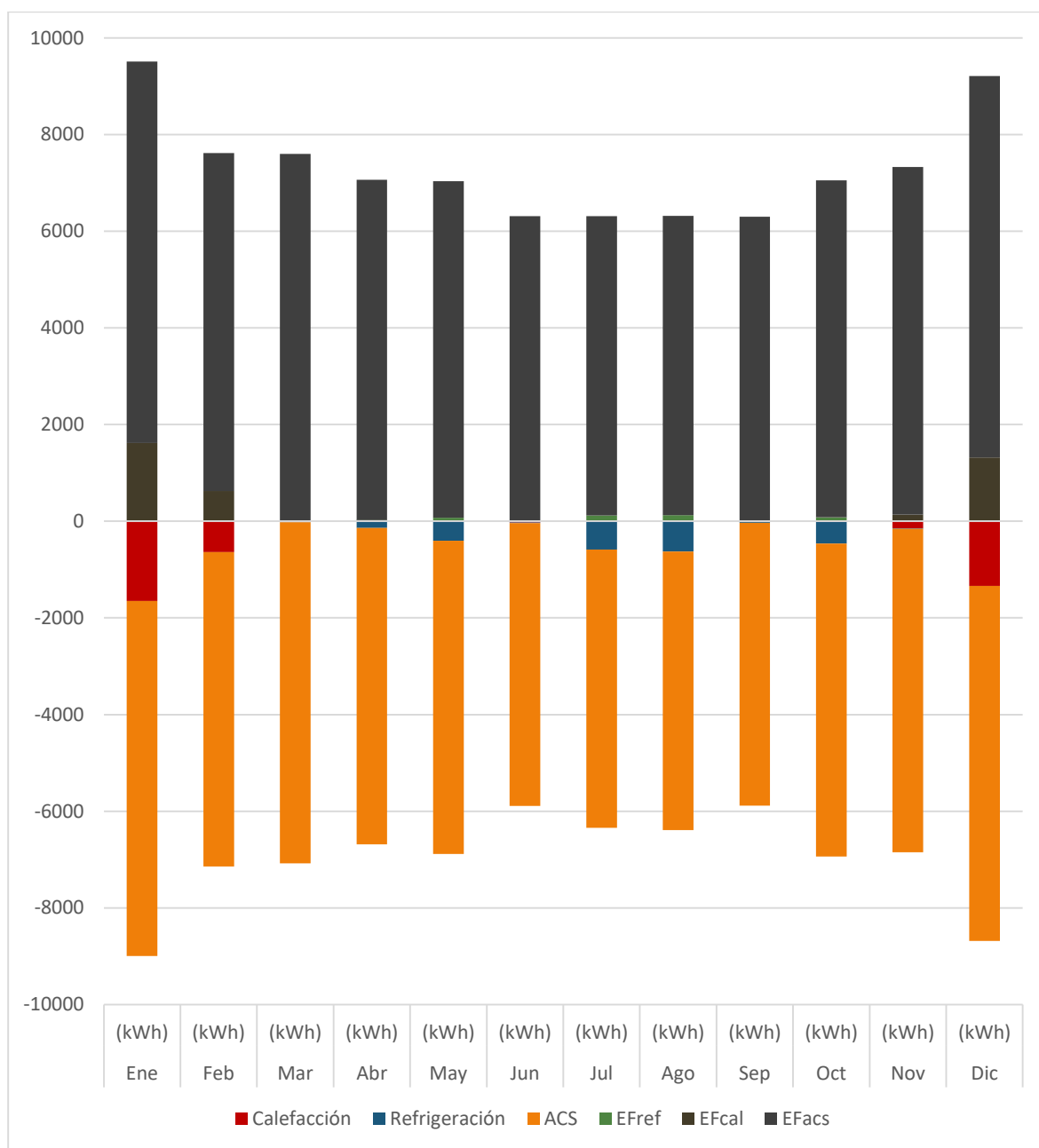
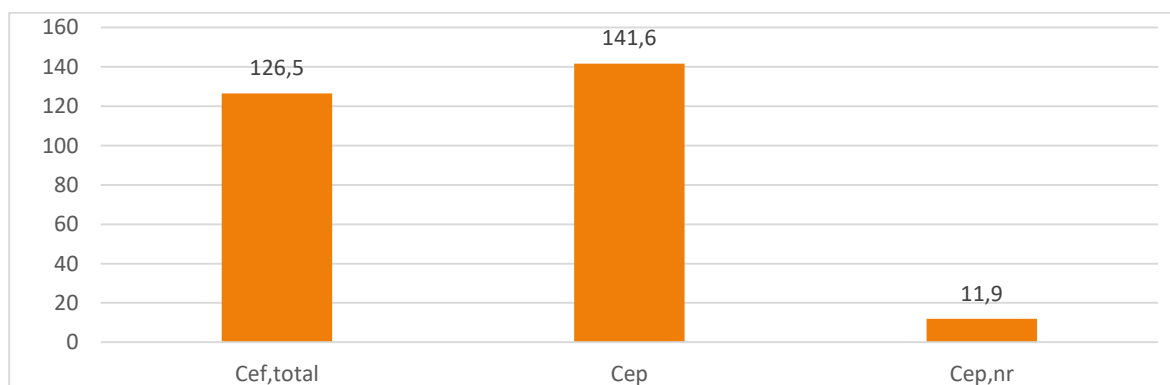


Gráfico 8.48. Desglose del consumo de energía en función de si la fuente es renovable del escenario 2 modelo 06, en kWh/m²-año





8.8.3. Escenario 3: Geotermia + Fotovoltaica + Solar térmica

Tabla 8.21. Escenario 3 del modelo 06

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año	(kWh/ m ² ·año)
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh·año)	
Demanda energética	Calefacción	-1650,8	-641,3	-10,7	-1,1	0	-27,3	0	0	-5,1	-8,7	-142,5	-1340	-3827,6	-5,5
	Refrigeración	0	0	-13	-136,4	-405,4	-10,9	-585	-629,4	-28,1	-452,3	-16,2	0	-2276,5	-3,3
	ACS	-7342,8	-6502,2	-7054,9	-6548,6	-6479	-5852	-5759,1	-5759,1	-5852	-6479	-6688	-7342,8	-77659,3	-112,1
	TOTAL	-8993,7	-7143,5	-7078,6	-6686,1	-6884,4	-5890,2	-6344	-6388,5	-5885,2	-6940	-6846,6	-8682,8	-83763,4	-120,9
Electricidad (fcep = 1,954)	EF_{cal}	704,9	224,5	2,6	0,3	0	11,4	0	0	2,3	4,1	45,6	539	1534,8	2,2
	EP_{cal}	1669,3	531,6	6,2	0,7	0	27,1	0	0	5,6	9,8	107,9	1276,3	3634,4	5,2
	EP_{nr,cal}	1377,5	438,7	5,1	0,5	0	22,4	0	0	4,6	8,1	89	1053,2	2999,1	4,3
	EF_{ref}	0	0	3,1	23,3	66,8	3,2	109,5	115,5	6,5	70,8	4,2	0	402,8	0,6
	EP_{ref}	0	0	7,3	55,1	158,1	7,5	259,3	273,6	15,3	167,7	9,9	0	953,7	1,4
	EP_{nr,ref}	0	0	6	45,4	130,5	6,2	214	225,8	12,7	138,4	8,1	0	787	1,1
	EF_{acs}	293,7	260,1	282,2	261,9	259,2	234,1	230,4	230,4	234,1	259,2	267,5	293,7	3106,4	4,5
	EP_{acs}	695,5	615,9	668,2	620,3	613,7	554,3	545,5	545,5	554,3	613,7	633,5	695,5	7355,9	10,6
	EP_{nr,acs}	573,9	508,2	551,4	511,9	506,4	457,4	450,1	450,1	457,4	506,4	522,8	573,9	6070,1	8,8
Electricidad autoconsumida (fcep = 1,954)	EF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-985,4	-14,2
	EP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-23337,6	-33,7
	EP_{nr}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-19258,2	-27,8
C_{ef,tot}		998,6	484,6	287,9	285,5	325,9	248,7	339,9	345,9	242,9	334,1	317,2	832,7	5043,9	7,3
C_{ep}		2364,8	1147,5	681,7	676	771,8	588,9	804,8	819,1	575,2	791,2	751,2	1971,8	11944	17,2
C_{ep,nr}		1951,4	946,9	562,5	557,8	636,9	485,9	664,1	675,9	474,6	652,9	619,9	1627,1	0	0,0

S₀: Superficie habitable del edificio, m²,

V: Volumen neto habitable del edificio, m³,

f_{cep}: Factor de conversión de energía final a energía primaria procedente de fuentes no renovables,

EF: Energía final consumida por el sistema en punto de consumo, kWh,

EP: Consumo energético de energía primaria, kWh,

EP_{nr}: Consumo energético de energía primaria de origen no renovable, kWh,

C_{ef,tot}: Consumo energético total de energía en punto de consumo, kWh/m²·año,

C_{ep}: Consumo energético total de energía primaria, kWh/m²·año,

C_{ep,nr}: Consumo energético total de energía primaria de origen no renovable, kWh/m²·año,

Gráfico 8.49. Consumo energético anual del escenario 3 modelo 06, en kWh

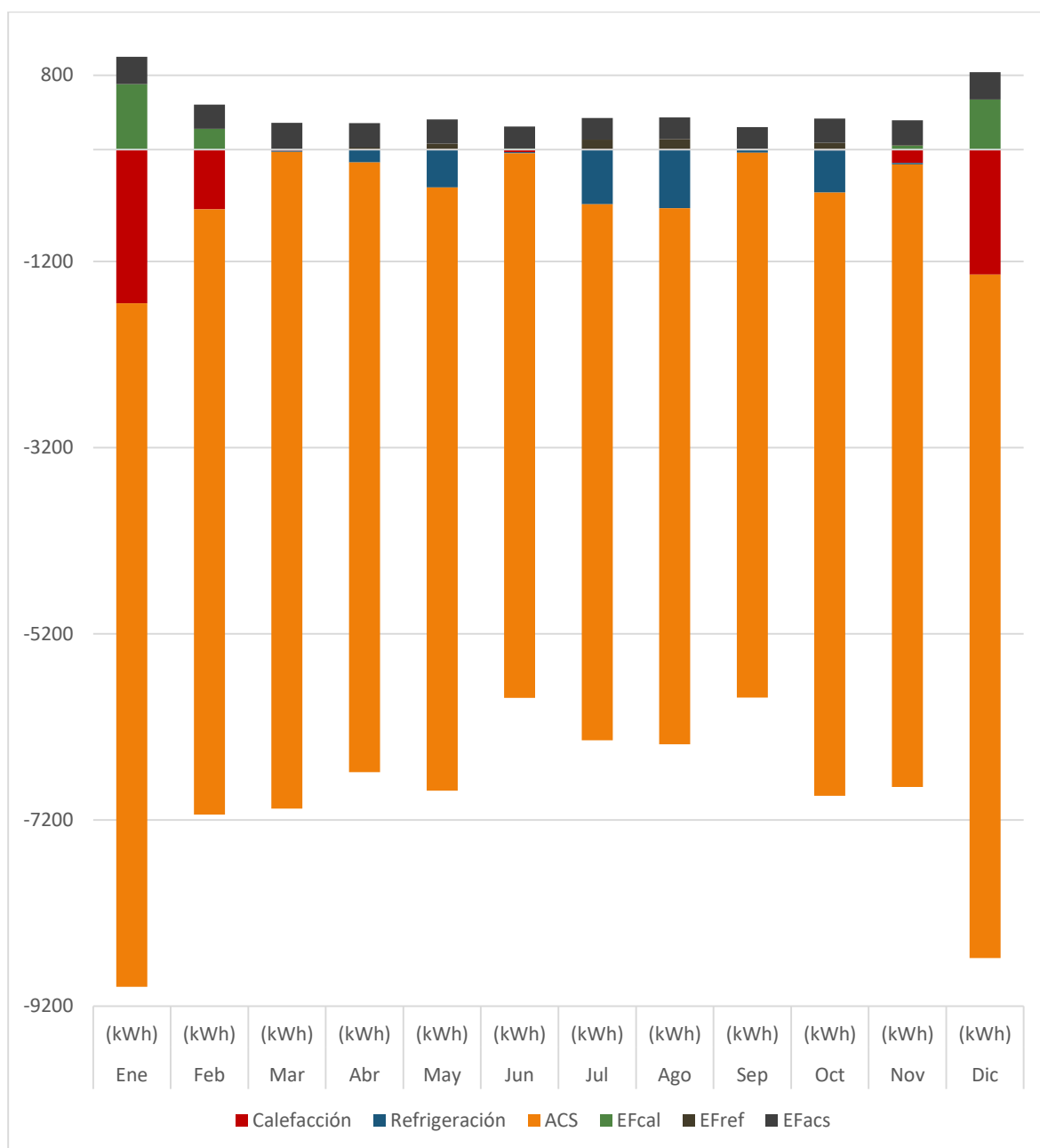
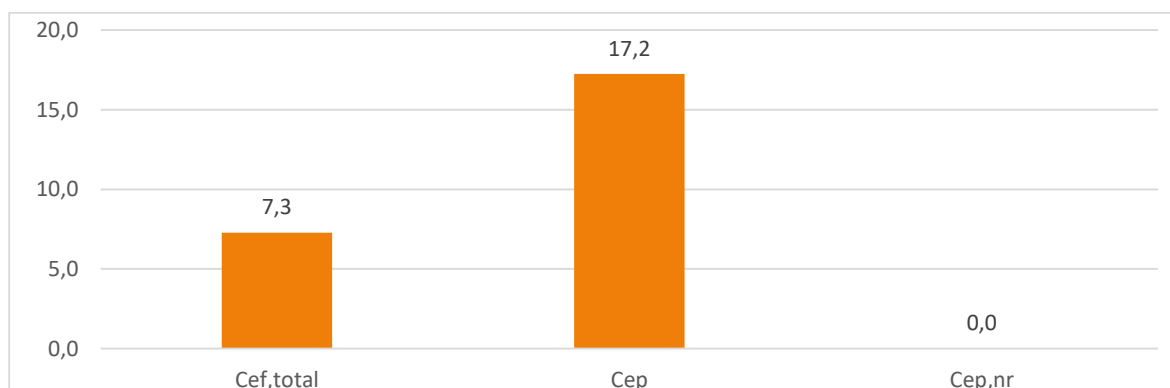


Gráfico 8.50. Desglose del consumo de energía en función de si la fuente es renovable del escenario 3 modelo 06, en kWh/m²·año









9. Conclusiones y líneas futuras





9.1. Conclusiones

La realización de la investigación sobre la que versa la presente Tesis Doctoral ha permitido el desarrollo de una metodología de diseño y análisis de soluciones de eficiencia energética para la consecución de edificios de consumo casi nulo. La primera conclusión que se puede extraer de las investigaciones realizadas es que, las simulaciones sobre los 7 modelos (basados en 6 edificios) constatan la validez de la metodología, siendo posible el diseño de un nZEB, e incluso ZEB, mediante la tecnología actual, de diferentes tipologías y para cualquier clima, cumpliéndose el objetivo principal planteado al inicio de la Tesis Doctoral.

Así mismo, los objetivos concretos también se han cumplido, al haberse realizado un estudio detallado del estado del arte, analizada la incidencia de las diferentes soluciones de eficiencia energética sobre los modelos, desarrollado un procedimiento iterativo de combinación de las soluciones y, finalmente, catalogado los efectos en la demanda y el consumo energético de diferentes soluciones de eficiencia energética.

Los resultados obtenidos muestran que el uso de las soluciones informáticas empleadas permite diseñar nZEBs, alcanzando e, incluso superando, los estándares reconocidos más extendidos actualmente.

Los resultados de la demanda energética en los modelos son inferiores a los límites fijados por el Código Técnico de la Edificación y a estándares como el Passivhaus, que fija límites de 15 kWh/(m²·año) tanto en calefacción y refrigeración (30 kWh/(m²·año) de demanda conjunta anual para el edificio). En el modelo 02+ se obtiene, por ejemplo, un descenso en la demanda anual con respecto al MISA del 98,40%. Si se comparan los resultados del modelo con los criterios en las demandas estacionales del Passivhaus, se produce una reducción del 87,67% en la demanda de invierno y de un 98,67% en la de verano.

En la Tabla 9.1 puede observarse un resumen de las reducciones en la demanda anual de todos los modelos estudiados. Cabe destacar cómo la reducción en todos los modelos es superior al 90%.

Tabla 9.1. Resumen de la disminución de las demandas en los modelos

	Demanda inicial MISA	Demanda modelo pasivo	Descenso demanda
	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	en %
Modelo 01	225,81	16,02	92,91
Modelo 02	194,78	16,80	91,37
Modelo 02+	127,98	2,05	98,40
Modelo 03	236,87	14,62	93,83
Modelo 04	127,48	3,74	97,07
Modelo 05	233,13	21,20	90,91
Modelo 06	164,10	8,80	94,64

Los modelos pasivos obtenidos con la metodología emplean niveles de aislamiento (y otras medidas de eficiencia energética) menores a los habitualmente recomendados en este tipo de edificios y los resultados son superiores a estos. Este último punto cobra especial importancia al considerar que a lo largo de las fases se han observado resultados inicialmente poco intuitivos, como el aumento de demanda anual en algunos modelos al reducir la transmitancia de tabiques o soleras, pero que son el resultado del comportamiento del edificio en su conjunto y en diferentes regímenes de uso (temperaturas

internas, ocupación, cargas internas e iluminación). Por este motivo se confirma la necesidad de realización de un análisis detallado de cada una de las categorías que afectan a la demanda energética de una construcción, mediante simulaciones detalladas y motores de cálculo rigurosos, en orden a poder minimizar su demanda energética final y obtener nZEBs al menor coste económico.

Con respecto al consumo de energía las disminuciones en el mismo para los modelos son igualmente constatables. Es posible ilustrar este descenso nuevamente mediante el modelo 02+, en la simulación más desfavorable considerada (pero no alejada del consumo de miles de viviendas unifamiliares construidas en España sin medidas de eficiencia energética) el consumo anual de energía primaria no renovable es de 220,60 kWh/(m²·a). Los resultados obtenidos en los escenarios considerados en la fase DELTA para el modelo (escenarios 1, 2 y 3) son de 0, 2,3 y 1,3 kWh/(m²·a), respectivamente, pudiendo observarse claramente la dramática reducción en el consumo de energía del modelo. Comparando el modelo inicial con el escenario más favorable de nZEB considerado se aprecia una reducción en el consumo del 99,41% resultando por lo tanto la metodología una herramienta eficiente en el estudio de la reducción del mismo.

En la Tabla 9.2 puede observarse un resumen de las reducciones en el consumo anual de energía primaria no renovable para todos los modelos estudiados. Al igual que en los resultados referidos a la demanda, son ampliamente concluyentes produciéndose una reducción del consumo del modelo inicial al escenario nZEB de mayor ambición, superior al 96% en todos los casos.

Tabla 9.2. Resumen de la disminución de los consumos en los modelos

	Consumo más desfavorable	Consumo nZEB 1	Consumo nZEB 2	Consumo ZEB	Descenso consumo respecto a nZEB 2
	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	en %
Modelo 01	469,85	7,00	3,82	0,00	99,19
Modelo 02	395,55	7,00	7,00	0,00	98,23
Modelo 02+	220,60	2,30	1,30	0,00	99,41
Modelo 03	407,20	8,20	7,20	0,00	98,23
Modelo 04	379,00	8,90	8,00	0,00	97,89
Modelo 05	473,96	20,32	17,02	0,00	96,41
Modelo 06	509,30	14,60	11,90	0,00	97,66

Considerando que en las investigaciones se han empleado modelos de edificios, en su mayoría reales, de diferentes formas (compactos, alargados, con forma de claustro, etc.), tamaños (desde los poco más de 100 m² hasta más de mil) y usos (residencial, sanitario, educativo, administrativo, industrial y deportivo) y sobre los que se han realizado 1806 simulaciones energéticas, se puede afirmar que, en vista de los resultados mostrados (en especial en las tablas 9.1 y 9.2) la metodología diseñada puede emplearse en una variedad de tipologías de edificios, incluyendo las más habituales del sector de la construcción en España y Europa, y que el resultado de la aplicación de misma será la consecución de un nZEB.

En los análisis realizados se han empleado como fundamento de cálculo uno de los procedimientos descritos por la norma UNE-EN ISO 13790, por un lado, y, por otro, el motor de cálculo de EnergyPlus. Se considera que el método de la UNE-EN ISO 13790, aunque ha sido ampliamente utilizado lo largo de los años e incluso continúa usándose en multitud



de ocasiones en la actualidad, debe reservarse para predimensionamientos, edificios pequeños o con una carga energética baja. Si bien, es un método que cumple con todas las normativas vigentes, es reconocido por la propia norma que se trata de un método preciso, pero simplificado y, ante la perspectiva de realizar diseños de muy alta eficiencia en edificios, se considera recomendable la utilización de procedimientos más precisos como las simulaciones dinámicas empleadas en softwares como Trnsys o el propio EnergyPlus, utilizado en la Tesis Doctoral.

En caso de no poder aplicarse la metodología completa sobre un edificio no es posible garantizar la consecución de un nZEB, pero pueden obtenerse importantes ahorros energéticos con la aplicación de las fases por separado.

- La aplicación de la fase ALFA sobre un edificio puede identificar las categorías de mayores pérdidas energéticas y acometerse una actuación sobre ellas, reduciendo sensiblemente la demanda de energía.
- La aplicación de la fase GAMMA puede determinar el equipo o fuente energética idónea para cubrir la demanda en un edificio, al realizar una simulación completa del mismo y su operación a lo largo de un año. De esta manera es posible una reducción importante del consumo energético.

A partir de los resultados obtenidos se deduce que, incluso solo considerando los consumos para la climatización y generación ACS, no es posible obtener un edificio de consumo nulo sin contar con el aporte de energías renovables. Analizando los rendimientos que presentan en la actualidad, por ejemplo, los paneles solares fotovoltaicos, es necesario reducir de manera considerable la demanda energética de la instalación para que esta sea viable. Por ello es fundamental conseguir previamente una reducción de esas demandas mediante la aplicación de las medidas pasivas dentro de las primeras fases de aplicación de la metodología.

Se ha verificado, del mismo modo, que un edificio pasivo sin instalaciones de climatización incorporadas no puede garantizar, en determinados climas, el mantenimiento de las condiciones interiores de confort, al producirse picos de demanda en los que será necesaria la presencia de una instalación activa. La combinación de ambos enfoques es necesaria, por un lado, el empleo de medidas pasivas puesto que por muy eficientes que sean las instalaciones o aunque se genere energía renovable in situ, los requisitos energéticos de un edificio sin medidas de reducción de la demanda de energía son demasiado elevados y por otro lado, el empleo de medidas activas puesto que incluso los edificios pasivos atraviesan por picos en su demanda que deben ser cubiertos y además, con el menor consumo energético posible con el objetivo de alcanzar valores nulos o casi nulos de consumo de energía primaria no renovable.

Es importante destacar que, en los escenarios finales de la fase DELTA de cada modelo se han propuesto tres escenarios, en todos los casos, uno de ellos lograba la condición de edificio de consumo nulo y, en los otros dos escenarios, se alcanzaban los requisitos de nZEB con valores muy cercanos a cero. Esto indica que es posible decidir el nivel de ambición alcanzado en la aplicación de medidas de eficiencia energética en función de presupuestos, imposiciones normativas, etc., pudiendo en un futuro afrontar otras mejoras.

A modo de conclusión final se indica que, con el nivel de desarrollo tecnológico actual es viable no solo la construcción de los nZEB, sino que, previamente se puede realizar una simulación completa de sus necesidades energéticas de antemano y, de este modo, evitar errores y optimizar el diseño de los mismos. Indudablemente el camino para obtener un edificio completamente autosuficiente debe pasar, como etapa intermedia, por la reducción

drástica o, incluso, eliminación del consumo energético de operación antes de abordar la autonomía completa. Solamente un estudio completo del desempeño energético de cada edificio, por medio de una metodología como la presentada en la Tesis Doctoral, permite a través de la tríada descrita en la pirámide energética del edificio (disminución de la demanda de energía, aumento del rendimiento de los equipos y generación de energía renovable), el diseño y construcción de edificios con un mínimo impacto en el medio ambiente.

9.2. Líneas futuras

Entre las posibles líneas de investigación futuras, derivadas de los resultados de la presente Tesis Doctoral, destacan especialmente las que se muestran a continuación.

La aplicación de la metodología empleando otros motores de cálculo. Aunque EnergyPlus es uno de los programas existentes más destacados para la simulación energética de edificios, cuenta con limitaciones intrínsecas como cualquier otro software que contemple la modelización de un objeto o comportamiento real. Una posibilidad podría ser la utilización de, por ejemplo, Trnsys, aunque adolece de limitaciones de cálculo diferentes, aunque equivalentes a las de EnergyPlus. Futuros desarrollos de software, bien por parte de organizaciones públicas o desde el ámbito privado, pueden posibilitar un mayor desarrollo y enriquecimiento de la metodología.

La creación de un software específico con las características de diseño de la metodología. Un paso más a la línea anterior es la posibilidad, sumamente atractiva, de combinar el motor de cálculo de EnergyPlus con una interfaz que actúe de lanzadera con el motor y que realice análisis sistemáticos según categoría a analizar, probando con diferentes soluciones constructivas o equipos, para posteriormente realizar una combinación de las mismas.

La incorporación de nuevas categorías en la metodología. Si bien, en la Tesis Doctoral se han contemplado muchas de las más modernas tecnologías asociadas con la eficiencia energética, hay que considerar que la continua actualización de la técnica asociada con la eficiencia energética se vea reflejada en la metodología. Algunas de las posibilidades que se pueden considerar abarcan desde las técnicas pasivas, a las activas como aislantes de cambio de fase, chimeneas solares, microgeneración, control demótico de las instalaciones, etc.

Considerar una quinta fase o fase epsilon en la metodología, en la que se avanzase más allá en la definición empleada de nZEB en operación y se incorporaran los consumos eléctricos de electrodomésticos y otros equipos.

Ampliación de la metodología incorporando una sexta fase o fase zeta, donde se realicen estimaciones económicas, incorporando los presupuestos de las mejoras y enfrentándolos al ahorro energético producido a fin de catalogar su rentabilidad económica, tiempo de amortización, etc.

Por último, la línea futura más ambiciosa sería *la aplicación de la metodología a un edificio real*, en concreto sería deseable el diseño de un edificio nZEB mediante el empleo de la metodología, considerando las mejoras enunciadas en las anteriores líneas futuras, y su construcción como demostrador tecnológico, que mediante sistemas de monitorización pudiera validar, de una forma inequívoca, las bondades de la metodología, en particular, y de los nZEB, en general.







10. Bibliografía





10.1. BIBLIOGRAFÍA

- AENOR. (2011). UNE-EN ISO 13790.
- AENOR. (2013). UNE-ISO 21500:2013.
- Alanne, K., & Cao, S. (2016). Zero-energy hydrogen economy (ZEH2E) for buildings and communities including personal mobility. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 71 (December 2016), 697–711. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.12.098>
- Alemu, A. T., Saman, W., & Belusko, M. (2012). A model for integrating passive and low energy airflow components into low rise buildings. *Energy and Buildings*, 49, 148–157. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.02.002>
- Alkassir, A., Gañan, J., Ramiro, A., Sabio, E., González, J. F., & González, C. M. (2005). Estudio experimental de las condiciones del confort térmico. Retrieved from http://www.inive.org/members_area/medias/pdf/inive/climamed/88.pdf
- Ascione, F., Bianco, N., De Masi, R. F., & Vanoli, G. P. (2013). Rehabilitation of the building envelope of hospitals: Achievable energy savings and microclimatic control on varying the HVAC systems in Mediterranean climates. *Energy and Buildings*, 60, 125–138. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.01.021>
- Ascione, F., D'Agostino, D., Marino, C., & Minichiello, F. (2016). Earth-to-air heat exchanger for NZEB in Mediterranean climate. *Renewable Energy*, 99, 553–563. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.07.025>
- Ascione, F., De Masi, R. F., de Rossi, F., Ruggiero, S., & Vanoli, G. P. (2016). Optimization of building envelope design for nZEBs in Mediterranean climate: Performance analysis of residential case study. *Applied Energy*, 183, 938–957. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.09.027>
- Atam, E. (2017). Current software barriers to advanced model-based control design for energy-efficient buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 73(August 2016), 1031–1040. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.02.015>
- Attia, S., & Carlucci, S. (2015). Impact of Different Thermal Comfort Models on Zero Energy Residential Buildings in Hot Climate. *Energy and Buildings*, 102, 117–128. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.05.017>
- Attia, S. G., & De Herde, A. (2011). Early design simulation tools for net zero energy buildings: A comparison of ten tools. *Proceedings of Building Simulation 2011: 12th Conference of International Building Performance Simulation Association*, 94–101.
- Attia, S., Hamdy, M., O'Brien, W., & Carlucci, S. (2013). Assessing gaps and needs for integrating building performance optimization tools in net zero energy buildings design. *Energy and Buildings*, 60, 110–124. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.01.016>
- Autodesk. (2017). Familia Revit | Programas BIM. Retrieved May 6, 2017, from <https://www.autodesk.es/products/revit-family/overview>
- Balocco, C., Gori, V., Marmonti, E., & Citi, L. (2012). Building-plant system energy sustainability. An approach for transient thermal performance analysis. *Energy and Buildings*, 49, 443–453. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.02.048>
- Baranda, P. B., & Sartori, I. (2014). Cost Optimality of Energy Systems in Zero Emission Buildings in Early Design Phase, (July).
- Barbolini, F., Cappellacci, P., & Guardigli, L. (2017). A Design Strategy to Reach nZEB Standards Integrating Energy Efficiency Measures and Passive Energy Use. *Energy Procedia*, 111(September 2016), 205–214.

<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.022>

- Boyano, A., Hernandez, P., & Wolf, O. (2013). Energy demands and potential savings in European office buildings: Case studies based on EnergyPlus simulations. *Energy and Buildings*, 65, 19–28. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.05.039>
- BPIE. (2011). *Europe's Buildings Under the Microscope: A country-by-country review of the energy performance of buildings*.
- BPIE. (2015). Buildings modernisation strategy: Roadmap 2050. Summary., 8.
- Bravo Hidalgo, D., & Pérez Guerra, Y. (2016). Eficiencia energética en la climatización de edificaciones. *Revista Publicando*, 3(8), 218–238.
- Breeam. (2017). BRE Environmental Assessment Method (BREEAM). Retrieved April 8, 2017, from <http://www.breeam.es/>
- Bribián, I. Z. (2007). *El ahorro energético en el nuevo código técnico de la edificación*. FC Editorial.
- Briceño, R. M. (2013). Estudio y Simulación Energética del Edificio de la FIEC con Energy Plus.
- British Petroleum. (2016). BP Statistical Review of World Energy. *BP Statistical Review of World Energy*, (June), 1–48.
- Budaiwi, I., & Abdou, A. (2013). The impact of thermal conductivity change of moist fibrous insulation on energy performance of buildings under hot-humid conditions. *Energy and Buildings*, 60, 388–399. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.01.035>
- Burke, R. (2013). Project management: planning and control techniques. *New Jersey, USA*. Retrieved from <http://www.cupa.ir/Editor/assets/magazine/International Project Management Journal ,1999.pdf#page=81>
- Calderín, M. M. (2014). Actualización del documento básico de ahorro de energía HE 2013. Retrieved from https://acceda.ulpgc.es:8443/bitstream/10553/11840/9/Actualizacion_DB_HE_2013.pdf
- Campano Laborda, M. Á. (2015). *Confort térmico y eficiencia energética en espacios con alta carga interna climatizados: aplicación a espacios docentes no universitarios en Andalucía*. Universidad de Sevilla.
- Carmona Fernández, D., Al Kassir, A., Jaramillo Morán, M. A., & Horrillo Horrillo, L. A. (2016). Bioclimatic study and simulation of a nearly ZEB with renewable bioenergy installation. *Journal of Biotechnology*, 231, S35–S36. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2016.05.142>
- Carmona Fernández, D., Al Kassir Abdulla, A., Jaramillo Morán, M. Á., & Horrillo Horrillo, L. A. (2013). Zero energy buildings rehabilitated for low energy demand by using solar and biomass energy. *Current Opinion in Biotechnology*, 24. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2013.05.101>
- Carvalho, J. P., Silva, S. M., & Mateus, R. (2016). Using BIM to streamline the energy renovation processes of residential buildings during the early design stages, 435–444. Retrieved from <http://ezproxy.leedsbeckett.ac.uk/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsrca&AN=rcaap.openAccess.1822.43388&site=eds-live&scope=site>
- Cemesova, A., Hopfe, C. J., & McLeod, R. S. (2015). PassivBIM: Enhancing interoperability between BIM and low energy design software. *Automation in Construction*, 57, 17–32.



<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.04.014>

- Cook, J., Nuccitelli, D., Green, S. A., Richardson, M., Winkler, B., Painting, R., ... Skuce, A. (2013). Quantifying the consensus on anthropogenic global warming in the scientific literature. *Environmental Research Letters*, 8(2), 24024. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/2/024024>
- Cook, J., Oreskes, N., Doran, P. T., Anderegg, W. R. L., Verheggen, B., Maibach, E. W., ... Rice, K. (2016). Consensus on consensus: a synthesis of consensus estimates on human-caused global warming. *Environmental Research Letters*, 11(4), 48002. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/4/048002>
- Cornaro, C., Basciano, G., Puggioni, V., & Pierro, M. (2017). Energy Saving Assessment of Semi-Transparent Photovoltaic Modules Integrated into NZEB. *Buildings*. Retrieved from <http://www.mdpi.com/2075-5309/7/1/9/htm>
- Crespo, C., & Ruschel, R. (2007). Ferramentas BIM: um desafio para a melhoria no ciclo de vida do projeto. *Encontro de Tecnologia de Informação E Comunicação Na Construção Civil*, 3.
- CYPE Ingenieros. (2017a). CYPECAD MEP. Estudio térmico. Retrieved May 5, 2017, from http://cte.cype.es/db_he_1.htm
- CYPE Ingenieros. (2017b). CYPETHERM EPlus. Retrieved May 5, 2017, from <http://cypetherm-eplus.cype.es/>
- CYPE Ingenieros. (2017c). CYPETHERM HE. Cálculo de cargas térmicas. Series Temporales Radiantes (RTSM) de ASHRAE. Retrieved May 5, 2017, from <http://www.herramienta-unificada-lider-calener.cype.es/>
- CYPE Ingenieros. (2017d). Listados de cálculo de Cypetherm Eplus y Cypecad MEP.
- Dalla Mora, T., Cappelletti, F., Peron, F., Romagnoni, P., & Bauman, F. (2015). Retrofit of an historical building toward NZEB (Vol. 78, pp. 1359–1364). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.154>
- Debbarma, M., Sudhakar, K., & Baredar, P. (2016). Comparison of BIPV and BIPVT: A review. *Resource-Efficient Technologies*, 73(January), 1276–1288. <https://doi.org/10.1016/j.reffit.2016.11.013>
- Di Giuseppe, E., Iannaccone, M., Telloni, M., D'Orazio, M., & Di Perna, C. (2017). Probabilistic life cycle costing of existing buildings retrofit interventions towards nZE target: Methodology and application example. *Energy and Buildings*. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.03.055>
- Din, A., & Brotas, L. (2016). Exploration of life cycle data calculation: Lessons from a Passivhaus case study. *Energy and Buildings*, 118, 82–92. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.02.032>
- Esbensen, T. V., & Korsgaard, V. (1977). Dimensioning of the solar heating system in the zero energy house in Denmark. *Solar Energy*, 19(2), 195–199. [https://doi.org/10.1016/0038-092X\(77\)90058-5](https://doi.org/10.1016/0038-092X(77)90058-5)
- España. (1979). NBE-CT-79 Condiciones térmicas en los edificios. *Normas Básicas de La Edificación*.
- España. (1980). REAL DECRETO 1618/1980, de 4 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones de Calefacción, Climatización y Agua caliente sanitaria con el fin de racionalizar su consumo energético.
- España. (1998). REAL DECRETO 1751/1998, de 31 de julio, por el que se aprueba el

Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITE) y se crea la Comisión Asesora para las Instalaciones Térmicas de los Edificios. *BOE*, 26585–26634.

España. (2005). INSTRUMENTO de Ratificación del Protocolo de Kyoto al Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, hecho en Kyoto el 11 de diciembre de 1997, (1), 4812–4816. <https://doi.org/10.1128/MCB.00493-06>

España. (2006). REAL DECRETO 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. *Boletín Oficial Del Estado*, (74), 11816–11831. Retrieved from <http://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/realDecreto/RD3142006.pdf>

España. (2007). REAL DECRETO 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. *Boletín Oficial Del Estado*, 35931–35984. Retrieved from <http://www.boe.es/boe/dias/2007/08/29/pdfs/A35931-35984.pdf>

España. Orden FOM/1635/2013, REAL DECRETO 67137–67209 (2013).

España. (2013b). REAL DECRETO 235/2013 de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios. *Boe*, 1–14. Retrieved from <http://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2013-3904>

España. (2013c). REAL DECRETO 238/2013, de 5 de abril, por el que se modifican determinados artículos e instrucciones técnicas del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, aprobado por Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio. *Boe-a-2013*. Retrieved from <https://www.boe.es/boe/dias/2013/04/13/pdfs/BOE-A-2013-3905.pdf>

España. (2015). REAL DECRETO 900/2015, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo. *Boe*, 27548–27562. Retrieved from <http://www.boe.es>

España. (2016). Proyecto de REAL DECRETO por el que se modifica el REAL DECRETO 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios, 1–4.

Europa. (1993). DIRECTIVA 93/76/CEE DEL CONSEJO de 13 de septiembre de 1993 relativa a la limitación de las emisiones de dióxido de carbono mediante la mejora de la eficacia energética (SAVE), 1991–1993.

Europa. (2003). DIRECTIVA 2002/91/CE relativa a la eficiencia energética de los edificios (DEEE). *Doce*, 4-01-2003(L 1), 65–71.

Europa. (2007). La eficiencia energética, 1–5.

Europa. (2010). DIRECTIVA 2010/31/UE del Parlamento Europea y del Consejo de 19 de mayo de 2010 relativa a la eficiencia energética de los edificios. *Diario Oficial de La Unión Europea*, 13–35. Retrieved from http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2010.153.01.0013.01.SPA

Europa. (2012). DIRECTIVA 2012/27/UE del parlamento Europeo y del Consejo relativa a la eficiencia energética, por la que se modifican las Directivas 2009/125/CE y 2010/30/UE, y por la que se derogan las Directivas 2004/8/CE y 2006/32/CE. *Diario Oficial de La Unión Europea*, 1–56.

Europa. (2013). DIRECTIVA 2013/12/UE del Consejo de 13 de mayo de 2013 por la que se adapta la Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a la



- eficiencia energética, con motivo de la adhesión de la República de Croacia, (3), 2013–2014.
- Europa. (2014). DIRECTIVA 2014/24/UE del Parlamento Europeo. *Diario Oficial de La Unión Europea*, 28.3.2014(L 94/65), 65–242.
- Europa. (2016). RECOMENDACIÓN (UE) 2016/1318 de la Comisión de 29 de julio de 2016 sobre las directrices para promover los edificios de consumo de energía casi nulo, 2016(9), 696–816.
- Europa. (2017). La política energética : principios generales, 1–5.
- European Commission. (2016). Commission proposes new rules for consumer centred clean energy transition. Retrieved May 1, 2017, from <https://ec.europa.eu/energy/en/news/commission-proposes-new-rules-consumer-centred-clean-energy-transition>
- European Commission. (2017a). Energy Efficiency Directive. Retrieved April 29, 2017, from <http://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/energy-efficiency-directive>
- European Commission. (2017b). Nearly zero-energy buildings. Retrieved April 4, 2017, from <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings/nearly-zero-energy-buildings>
- European Commission. (2006). Plan de Acción para la Eficiencia Energética. *COM(2006)545 Final*.
- European Commission. (2016). Aplicación del Acuerdo de París: avances de la UE hacia el objetivo de reducción mínima del 40 %.
- Eurostat. (2012). *Energy, transport and environment indicators 2012*. <https://doi.org/10.2785/19616>
- Fernández, D., & Horrillo, L. (2012). Autoconsumo de energía eléctrica a través de tecnología fotovoltaica. Balance neto. *Montajes E Instalaciones. Revista Técnica Sobre La Construcción E Ingeniería de Las Instalaciones*, 463, 30–39.
- Fernández Salvador, V. (2012). Building Energy Simulation of a Zero Energy Consumption. *Dyna Energía Y Sostenibilidad*, 1(1), 1–16. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.6036/ES1012 BUILDING>
- Firląg, S., Yazdanian, M., Curcija, C., Kohler, C., Vidanovic, S., Hart, R., & Czarnecki, S. (2015). Control algorithms for dynamic windows for residential buildings. *Energy and Buildings*, 109, 157–173. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.09.069>
- Fokaides, P. A., Christoforou, E., Ilic, M., & Papadopoulos, A. (2016). Performance of a Passive House under subtropical climatic conditions. *Energy and Buildings*, 133, 14–31. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.09.060>
- Fregonara, E. (2017). Methodologies for Supporting Sustainability in Energy and Buildings. The Contribution of Project Economic Evaluation. *Energy Procedia*, 111(September 2016), 2–11. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.002>
- Fundación Biodiversidad, Oficina Española de Cambio Climático, Agencia Estatal de Meteorología, & C.N.E.a. (2013). Cambio Climático : Bases Físicas, 47. Retrieved from http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/publicaciones/publicaciones/Guia_resumida_AR5-IPCC_Bases_Físicas__tcm7-311196.pdf
- Galiano Garrigós, A. (2013). *Análisis Comparado De Las Metodologías De Evaluación Y Certificación Del Comportamiento Energético De Los Edificios En La Unión Europea*.

Universidad de Alicante.

- Ganguly, T., Hajdukiewicz, M., Keane, M., & Goggins, J. (2016). Systematic case study on energy efficiency of existing Irish buildings using BIM in order to achieve nearly zero energy standards. *Structures and Architecture*, (August), 973–981. <https://doi.org/10.1201/b20891-134>
- García-Alvarado, R., González, A., Bustamante, W., Bobadilla, A., Muñoz, C., & Muñoz, C. (2014). Características relevantes de la simulación energética de viviendas unifamiliares. *Informes de La Construcción*, 66(533). <https://doi.org/10.3989/ic.12.108>
- García-Erviti, F., Armengot-Paradinas, J., & Ramírez-Pacheco, G. (2015). El análisis del coste del ciclo de vida como herramienta para la evaluación económica de la edificación sostenible. Estado de la cuestión. *Informes de La Construcción*, 67, 537. Retrieved from <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/view/4015>
- García de Frutos, D. (2014). Nuevos modelos en el campo de la eficiencia energética de los edificios y relación con el comportamiento del usuario. *Conama 2014*.
- García Kerdan, I., Raslan, R., Ruyssevelt, P., Vaiciulyte, S., & Morillón Gálvez, D. (2017). Thermodynamic and exergoeconomic analysis of a non-domestic Passivhaus retrofit. *Building and Environment*, 117, 100–117. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.03.003>
- Garrido-Soriano, N., Rosas-Casals, M., Ivancic, A., & Álvarez-Del Castillo, M. D. (2012). Potential energy savings and economic impact of residential buildings under national and regional efficiency scenarios. A Catalan case study. *Energy and Buildings*, 49, 119–125. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.01.030>
- Gavilán Casal, A. (2015). *Análisis comparativo de la eficiencia energética en edificios existentes con diferentes herramientas de simulación energética*. Universidad de Valladolid. Retrieved from <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/16311>
- Gerrish, T., Ruikar, K., Cook, M., Johnson, M., Phillip, M., & Lowry, C. (2017). BIM application to building energy performance visualisation and management: Challenges and potential. *Energy and Buildings*, 144, 218–228. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.03.032>
- Giordano, R., Serra, V., Demaria, E., & Duzel, A. (2017). Embodied Energy Versus Operational Energy in a Nearly Zero Energy Building Case Study. *Energy Procedia*, 111, 367–376. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.198>
- González Alonso, J. A., & González, Y. P. (2014). Precisión del “estado del arte”. Paso imprescindible para poder escribir un artículo para una revista indexada. *Revista Publicando*, 1(1), 3–7.
- Graphisoft. (2017). Archicad. Retrieved May 6, 2017, from <https://www.graphisoft.es/archicad/>
- Green Building Council – España. (2017). Herramientas Verde. Retrieved April 8, 2017, from <http://www.gbce.es/pagina/certificacion-verde>
- Grupo de Trabajo de Conama 2012 Eficiencia energética en Edificios. (2012). GT 11: Eficiencia energética en edificios. Implicaciones de la nueva Directiva Europea. Retrieved from www.conama2012.org
- Guillén-Lambea, S., Rodríguez-Soria, B., & Marín, J. M. (2016). Review of European ventilation strategies to meet the cooling and heating demands of nearly zero energy



- buildings (nZEB)/Passivhaus. Comparison with the USA. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 62, 561–574. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.05.021>
- Gupta, R., & Irving, R. (2013). Development and application of a domestic heat pump model for estimating CO2 emissions reductions from domestic space heating, hot water and potential cooling demand in the future. *Energy and Buildings*, 60, 60–74. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.12.037>
- Hong, T. (2009). EnergyPlus Analysis Capabilities for Use in California Building Energy Efficiency Standards Development and Compliance Calculations. *Lawrence Berkeley National Laboratory*. Retrieved from <https://escholarship.org/uc/item/0z78090x>
- Horrillo, L. A., Jaramillo Morán, M. A., Al Kassir, A., & García, A. (2015). Evaluation of CO2 emissions reduction of an administrative building using biomass boiler heating system. *Journal of Biotechnology*, 208. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2015.06.093>
- Houlihan Wiberg, A., Georges, L., Dokka, T. H., Haase, M., Time, B., Lien, A. G., ... Maltha, M. (2014). A net zero emission concept analysis of a single-family house. *Energy and Buildings*, 74, 101–110. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.01.037>
- IDAE. (2015). Calificación de la eficiencia energética de los edificios, 1–34.
- IDAE. (2016). Project Sech-Spahousec, Analysis of the Energetic Consumption of the Residential Sector in Spain (Proyecto Sech-Spahousec, Análisis del consumo energético del sector residencial en España), 76. Retrieved from www.idae.es
- IEA. (2013). *Transition to Sustainable Buildings - Strategies and opportunities to 2050*. 2013. <https://doi.org/10.1787/9789264202955-en>
- III Congreso Edificios de energía casi nula. (2016). *Libro de comunicaciones. III Congreso Edificios de energía casi nula*. Grupo Tecma Red S.L.
- International Energy Agency. (2017). Statistics. Retrieved May 1, 2017, from <https://www.iea.org/statistics/>
- IPCC. (2014). Cambio Climático 2014: Informe de síntesis / Resumen para responsables de políticas. *Cambio Climático 2001: Informe de Síntesis*, 2–38. [https://doi.org/10.1016/S1353-8020\(09\)70300-1](https://doi.org/10.1016/S1353-8020(09)70300-1)
- Karlsson, J., Wadsö, L., & Öberg, M. (2013). A conceptual model that simulates the influence of thermal inertia in building structures. *Energy and Buildings*, 60, 146–151. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.01.017>
- Kazmi, H., D'Oca, S., Delmastro, C., Lodeweyckx, S., & Corgnati, S. P. (2016). Generalizable occupant-driven optimization model for domestic hot water production in NZEB. *Applied Energy*, 175, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.04.108>
- Keeler, M., & Vaidya, P. (2016). *Fundamentals of integrated design for sustainable building*. John Wiley & Sons.
- Kerzner, H. (2013). *Project management: a systems approach to planning, scheduling, and controlling*. John Wiley & Sons.
- Kibert, C. (2016). *Sustainable construction: green building design and delivery*. John Wiley & Sons. Retrieved from <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=2xgWCgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR15&dq=integrated+process+design+building&ots=G70p6P96oA&sig=tDILYVvywt0UOUSMeqlozBBlu69g>
- Kim, J., Kim, H., & Kim, J. (2015). Analysis of photovoltaic applications in zero energy building cases of IEA SHC/EBC task 40/annex 52. *Sustainability*. Retrieved from

<http://www.mdpi.com/2071-1050/7/7/8782/htm>

- Kim, Y. J., Yoon, S. H., & Park, C. S. (2013). Stochastic comparison between simplified energy calculation and dynamic simulation. *Energy and Buildings*, 64(June 2014), 332–342. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.05.026>
- Kuo, H. J., Hsieh, S. H., Guo, R. C., & Chan, C. C. (2016). A verification study for energy analysis of BIPV buildings with BIM. *Energy and Buildings*, 130, 676–691. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.08.048>
- Kurnitski, J. (2013). *Cost Optimal and Nearly Zero- Energy Buildings (nZEB)*. Springer International Publishing.
- Lanzarote Serrano, M. B. (2014). Hacia la nueva definición de NZEB en los países del Mediterráneo, a través del estudio de casos piloto en el marco del Proyecto Europeo Power House NZEB Challenge. *Conama 2014*.
- Larsen, S. F. (2016). *EDIFICIOS BIOCLIMÁTICOS. Energía Solar*. ANCEFN. Retrieved from <http://www.ancefn.org.ar/biblioteca/libros/06.pdf#page=72>
- Larsson, N., & Poel, B. (2009). *SOLAR LOW ENERGY BUILDINGS AND THE INTEGRATED DESIGN PROCESS*. (IEA, Ed.).
- Lecuona Neumann, A., Izquierdo Millán, M., Rodríguez Aumente, P. A., & Aumente, P. A. R. (2005). Research and environment impact of buildings. The energy. *Informes de La Construcción*, 57(498), 47–61. <https://doi.org/10.3989/ic.2005.v57.i498.477>
- Leiserowitz, A., Maibach, E., Roser-Renouf Feinberg, C., & Rosenthal Gand, S. (2015). Climate change in the american mind. Retrieved from <http://environment.yale.edu/climate-communication-OFF/files/Climate-Change-American-Mind-October-2015.pdf>
- Löhnert, G., Dalkowski, A., & Sutter, W. (2003). *INTEGRATED DESIGN PROCESS GUIDELINE. Task 23 Optimization of Solar Energy Use in Large Buildings Subtask B Design Process Guidelines*. Retrieved from http://archive.iea-shc.org/task23/publications/IDPGuide_internal.pdf
- López Morales, C. A. (2016). Algunas implicaciones éticas y analíticas de la microfundamentación en la economía del cambio climático. *Economía Informa*, 399, 59–76. <https://doi.org/10.1016/j.ecin.2016.08.005>
- Los Alamos scientific Laboratory. (1976). Passive solar heating an cooling conference and workshop, Energy research & development administration. *Passive Solar Heating and Cooling Conference and Workshop Proceedings, May 18-19, 1976, Albuquerque, New Mexico*.
- Macías, M., & García Navarro, J. (2010). Metodología y herramienta VERDE para la evaluación de la sostenibilidad en edificios. *Informes de La Construcción*, 62(517), 87–100. <https://doi.org/10.3989/ic.08.056>
- Macías, M., Travesí, J., Espinosa, J. M., Gaona, J. A., García, D., Iglesias, E., ... Gómez, G. (2004). Comparativa de resultados de demanda y consumo energético de un edificio proporcionados por diferentes programas de simulación energética con respecto a los programas LIDER y CALENER. *Energy*.
- Marszal, A. J., & Heiselberg, P. (2009a). A literature review of Zero Energy Building (ZEB) definitions. *Civil Engineering*, (78). Retrieved from http://vbn.aau.dk/en/publications/a-literature-review-of-zero-energy-buildings-zeb-definitions_da50db00-eaf6-11de-b63d-000ea68e967b.html



- Marszal, A. J., & Heiselberg, P. (2009b). Zero Energy Building (ZEB) definitions – A literature review. *Aalborg University*. Retrieved from <http://gin.confex.com/gin/2009/webprogram/Manuscript/Paper2784/Zero%5CnEnergy%5CnBuilding%5Cndefinitions.pdf?q=project-profile-riverdale-netzero-projectedmonton-alberta>
- Marszal, A. J., & Heiselberg, P. (2009c). Zero Energy Building (ZEB) definitions – A literature review 2 . Different approaches for the ZEB concept based on literature review.
- McLeod, R. S., Hopfe, C. J., & Rezgui, Y. (2012). A proposed method for generating high resolution current and future climate data for Passivhaus design. *Energy and Buildings*, 55, 481–493. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.08.045>
- Mihai, M., Tanasiev, V., Dinca, C., Badea, A., & Vidu, R. (2017). Passive House Analysis in Terms of Energy Performance. *Energy and Buildings*, 144, 74–86. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.03.025>
- Ministerio de Fomento. (2016). Documento de bases para la actualización del Documento Básico DB-HE, 1–13.
- Ministerio de Fomento. (2017). Código Técnico de la Edificación. Retrieved April 28, 2017, from <https://www.codigotecnico.org/>
- Ministerio de Industria Energía y Turismo. (2016). *La Energía en España 2015*.
- Molina Huelva, M., & Fernández Ans, P. (2013). Evolución del comportamiento térmico en viviendas tradicionales de piedra y cubierta de paja: Puesta en valor de un modelo sostenible en el noroeste de España. *Revista de La Construcción*, 12(2), 102–115. <https://doi.org/10.4067/S0718-915X2013000200008>
- Montero Vento, M. T. (2016). *Un acercamiento del “Titulado Arquitecto” en España, al ejercicio profesional del project manager en Europa*. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Retrieved from <http://acceda.ulpgc.es/handle/10553/17433>
- Montoro, L. G. (2016). Objetivo 2020 : de la eficiencia energética a los edificios de consumo de energía casi nulo. *Revista CESCO de Derecho de Consumo*.
- Moran, P., Goggins, J., & Hajdukiewicz, M. (2017). Super-Insulate or use Renewable Technology? Life Cycle Cost, Energy and Global Warming Potential Analysis of Nearly Zero Energy Buildings (NZEB) in a Temperate Oceanic Climate. *Energy and Buildings*, 139(2017), 590–607. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.01.029>
- Muñoz, J., & Soto, J. (2014). Evaluación de mejoramiento de muros mediante simulación energética y análisis de LCC para viviendas de construcción frecuente en Chile. *Hábitat Sustentable*, 5, 24–43.
- Naciones Unidas. (2017). Cambio climático - Desarrollo Sostenible. Retrieved May 1, 2017, from <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/climate-change-2/>
- NASA. (2017). <https://climate.nasa.gov/evidence/>.
- Nemetschek. (2017). Allplan - CAD Software BIM. Retrieved May 6, 2017, from <https://www.allplan.com/es.html>
- NOAA. (2017a). Global Climate Report. Retrieved May 1, 2017, from <https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201612>
- NOAA. (2017b). National Centers for Environmental Information (NCEI). Retrieved May 1, 2017, from <https://www.ncdc.noaa.gov/>

- Osterman, E., Tyagi, V. V., Butala, V., Rahim, N. A., & Stritih, U. (2012). Review of PCM based cooling technologies for buildings. *Energy and Buildings*, 49, 37–49. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.03.022>
- Özahi, E., Abuşoğlu, A., Kutlar, A. İ., & Dağcı, O. (2017). A comparative thermodynamic and economic analysis and assessment of a conventional HVAC and a VRF system in a social and cultural center building. *Energy and Buildings*, 140, 196–209. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.02.008>
- Ozel, M. (2012). Cost analysis for optimum thicknesses and environmental impacts of different insulation materials. *Energy and Buildings*, 49, 552–559. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.03.002>
- Padilla, M. (2016). *Formulación y evaluación de proyectos*. Ecoe Ediciones.
- Palme, M. (2010). La sensibilidad energética de los edificios. *Universidad Politécnica de Cataluña. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona*, 294.
- Passivhaus Institut. (2017). The Passive House Institute (PHI). Retrieved April 8, 2017, from <http://passivehouse.com/>
- Pérez-Pujazón Millán, B. (2015). *La implementación arquitectónica de los acristalamientos activos con agua circulante, y su contribución en edificios de consumo de energía casi nulo*. E.T.S. Arquitectura (UPM). Retrieved from <http://oa.upm.es/40150/>
- Pikas, E., Kurnitski, J., Thalfeldt, M., & Koskela, L. (2017). Cost-Benefit Analysis of nZEB Energy Efficiency Strategies with On-Site Photovoltaic Generation. *Energy*. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.03.158>
- Plataforma Passivhaus España. (2017). Ejemplos de construcciones Passivhaus. Retrieved May 4, 2017, from <http://www.plataforma-pep.org/estandar/ejemplos-ph>
- Pless, S., & Torcellini, P. (2010). Net-Zero Energy Buildings : A Classification System Based on Renewable Energy Supply Options. *Contract*, (June), 1–14. <https://doi.org/10.2172/983417>
- Plutzer, E., McCaffrey, M., Hannah, A. L., Rosenau, J., Berbeco, M., & Reid, A. H. (2016). Climate confusion among U.S. teachers. *Science*, 351(6274). Retrieved from <http://science.sciencemag.org/content/351/6274/664/tab-article-info>
- Polo López, C. S. (2015). Método experimental para la caracterización de las diferentes tecnologías de integración arquitectónica de la energía fotovoltaica en condiciones de funcionamiento real.
- Project Management Institute. (2008). Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK). *Management*. Retrieved from www.pmi.org
- Raman, A. P., Anoma, M. A., Zhu, L., Rephaeli, E., & Fan, S. (2014). Passive radiative cooling below ambient air temperature under direct sunlight. *Nature*, 515(7528), 540–4. <https://doi.org/10.1038/nature13883>
- Ramos Moreno, E., Carrillo Andrés, A., Rodríguez García, E. A., & Fernández Hernández, F. A. (2015). Integración de puentes térmicos en programas de simulación dinámica de edificios mediante el método del muro equivalente. *Ix Congreso Nacional De Ingeniería Termodinámica*, 1–8.
- Renau, J., Domenech, L., García, V., Real, A., Montés, N., & Sánchez, F. (2014). Proposal of a nearly zero energy building electrical power generator with an optimal temporary generation-consumption correlation. *Energy and Buildings*, 83, 140–148. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.03.083>



- Rey, F., & Velasco, E. (2006). *Eficiencia energética en edificios. Certificación y auditorías energéticas*. Thomson Editores.
- Rojas, J., Huelsz, G., Tovar, R., & Barrios, G. (2010). Energía y confort en edificaciones. *Tema Del Mes*. Retrieved from <http://www.revista.unam.mx/vol.11/num10/art92/art92.pdf>
- Romero Rodríguez, L., Duminil, E., Sánchez Ramos, J., & Eicker, U. (2017). Assessment of the photovoltaic potential at urban level based on 3D city models: A case study and new methodological approach. *Solar Energy*, 146, 264–275. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2017.02.043>
- Royapoor, M., & Roskilly, T. (2015). Building model calibration using energy and environmental data. *Energy and Buildings*, 94, 109–120. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.02.050>
- Ruiz, P. A., & Martín, J. G. (2012). Optimización de la demanda de calefacción y análisis del coste del ciclo de vida de los edificios. *Dirección Y Organización: Revista de Ingeniería de Organización*. Retrieved from <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/23365>
- Sabaté, J., & Peters, C. (2011). Una visión holística de la reducción del impacto ambiental en edificios del área del Mediterráneo. *Informes de La Construcción*, 63(1), 73–87. Retrieved from <http://dialnet.unirioja.es/servlet/extart?codigo=4214023%5Cnhttp://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4214023&orden=393591&info=link>
- Salata, F., Golasi, I., Domestico, U., Banditelli, M., Lo Basso, G., Nastasi, B., & de Lieto Vollaro, A. (2017). Heading towards the nZEB through CHP+HP systems. A comparison between retrofit solutions able to increase the energy performance for the heating and domestic hot water production in residential buildings. *Energy Conversion and Management*, 138, 61–76. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2017.01.062>
- Salom, J., Cubí, E., & Sartori, I. (2012). Edificio de energía cero: definiciones e interacción con las redes energéticas. *Libro de Comunicaciones: I Congreso de Edificios de Energía Casi Nula*, 1–7.
- Salvalai, G., Malighetti, L. E., Luchini, L., & Girola, S. (2017). Analysis of different energy conservation strategies on existing school buildings in the a Pre-Alpine Region. *Energy and Buildings*. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.03.058>
- Samani, P., Leal, V., Mendes, A., & Correia, N. (2016). Comparison of passive cooling techniques in improving thermal comfort of occupants of a pre-fabricated building. *Energy and Buildings*, 120, 30–44. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.03.055>
- Sánchez, D., Sánchez-Guevara, C., & Rubio, C. (2016). El enfoque adaptativo del confort térmico en Sevilla = The adaptive approach to thermal comfort in Seville. *Anales de Edificación*, 2(1), 38. <https://doi.org/10.20868/ade.2016.3197>
- Sarabia Escrivá, E. J. (2010). *Cálculo de sombras en programas de simulación térmica de edificios*. Universidad Politécnica de Valencia.
- Sartori, I., Napolitano, A., & Voss, K. (2012). Net zero energy buildings: A consistent definition framework. *Energy and Buildings*, 48, 220–232. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.01.032>
- Sastresa, E., de Garaio, S., Usón, A., & Bribián, I. (2010). *Eficiencia energética en instalaciones y equipamientos de edificios: eficiencia energética*. Pressas Universitarias de Zaragoza.

- Scientific Visualization Studio, & Goddard Space Flight Center (NASA). (2016). Analyses Reveal Record-Shattering Global Warm Temperatures in 2015. Retrieved April 14, 2017, from https://images.nasa.gov/#/details-analyses-reveal-record-shattering-global-warm-temperatures-in-2015_24476162096_o.html
- Silva, S. M., Almeida, M. G. de, Bragança, L., & Carvalho, M. (2015). nZEB training needs in the southern EU countries - SouthZEB project. *Latin-American and European Encounter on Sustainable Building and Communities - Connecting People and Ideas*, 3, 2469–2478. Retrieved from <http://hdl.handle.net/1822/36544>
- Singaravel, S., & Geyer, P. (2016). Simplifying Building Energy Performance Models to support an integrated building design workflow. Retrieved from <https://lirias.kuleuven.be/handle/123456789/549312>
- Somogyi, V., Sebestyén, V., & Nagy, G. (2016). Scientific achievements and regulation of shallow geothermal systems in six European countries - A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68, 934–952. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.02.014>
- Sorgato, M. J., Melo, A. P., & Lamberts, R. (2016). The effect of window opening ventilation control on residential building energy consumption. *Energy and Buildings*, 133, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.09.059>
- Soust-Verdaguer, B., Llatas, C., & García-Martínez, A. (2016). Simplification in life cycle assessment of single-family houses: A review of recent developments. *Building and Environment*, 103, 215–227. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.04.014>
- Spash, C. L., & Gattringer, C. (2016). The Economics and Ethics of Human Induced Climate Change. *Multilevel Governance and Development*.
- Srinivasan, R. S., Braham, W. W., Campbell, D. E., & Curcija, C. D. (2012). Re(De)fining Net Zero Energy: Renewable Energy Balance in environmental building design. *Building and Environment*, 47(1), 300–315. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.07.010>
- Stazi, F., Vegliò, A., Di Perna, C., & Munafò, P. (2013). Experimental comparison between 3 different traditional wall constructions and dynamic simulations to identify optimal thermal insulation strategies. *Energy and Buildings*, 60, 429–441. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.01.032>
- Tirado Herrero, S., Jiménez Meneses, L., López Fernández, J. L., Martín García, J., & Perero Van Hove, E. (2014). *Pobreza energética en España. Análisis de tendencias*. Madrid: Asociación de Ciencias Ambientales.
- Torcellini, P., Pless, S., & Deru, M. (2006). Zero Energy Buildings : A Critical Look at the Definition Preprint. *ACEE Summer Studay*, 2, 15. [https://doi.org/10.1016/S1471-0846\(02\)80045-2](https://doi.org/10.1016/S1471-0846(02)80045-2)
- Torcellini, P., Pless, S., Deru, M., & Crawley, D. (2006). Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition. *ACEEE Summer Study Pacific Grove*, 15. [https://doi.org/10.1016/S1471-0846\(02\)80045-2](https://doi.org/10.1016/S1471-0846(02)80045-2)
- Trebilcock, M. (2009). Proceso de Diseño Integrado: nuevos paradigmas en arquitectura sustentable. *Arquitectura Revista*, 5(2), 65–75. <https://doi.org/10.4013/arq.2009.52.01>
- Tsikaloudaki, K., Theodosiou, T., Laskos, K., & Bikas, D. (2012). Assessing cooling energy performance of windows for residential buildings in the Mediterranean zone. *Energy Conversion and Management*, 64, 335–343. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2012.04.020>
- Tsoutsos, T., Tournaki, S., Santos, C. A. de, & Vercellotti, R. (2013). Nearly Zero Energy



- Buildings Application in Mediterranean Hotels. *Energy Procedia*, 42, 230–238. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2013.11.023>
- Tudela, F. (1981). Ecodiseño de asentamientos humanos en zonas cálidas. Retrieved from <http://repositorio.cepal.org/handle/11362/24159>
- Turner, J. (2014). *The handbook of project-based management*. McGraw-Hill Professional Publishing.
- U.S. Department of Energy. (2017). EnergyPlus. Retrieved April 20, 2017, from <https://energyplus.net/>
- U.S. Green Building Council. (2014). LEED v4.
- U.S. Green Building Council. (2017). LEED. Retrieved May 7, 2017, from <http://www.usgbc.org/>
- Unión Europea. (2012). Reglamento Delegado (UE) 244/2012 de la Comisión, de 16 de enero de 2012, que complementa la Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa a la eficiencia energética de los edificios, estableciendo un marco metodológico comparativo p. *Diario Oficial de La Unión Europea*, 21 de Marzo de 2012, Núm. 81, (6), 18–36. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2013.11.023>
- Unites States Green Building Council (USGBC), L. in E. and E. D. (LEED). (2017). Rating System Selection Guidance. Retrieved April 8, 2017, from <http://www.usgbc.org/resources/grid/leed?title=current+version>
- Valbuena García, F., & González Díaz, M. J. (2014). Zero energy equipment building Lucia : a case study according to European directive. *World SB14 Barcelona Conference Conclusions*, 0, 51–58.
- Walker, A. (2015). *Project management in construction*. John Wiley & Sons.
- Wang, G., & Song, L. (2012). Air handling unit supply air temperature optimal control during economizer cycles. *Energy and Buildings*, 49, 310–316. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.02.024>
- Wiberg, A. A. H., Georges, L., Fufa, S. M., Good, C. S., Risholt, B., & Art, F. (2015). Sensitivity Analysis of the Life Cycle Emissions, 113–118.
- Xingjuan, Z., Bojie, S., Qingyuan, B., & Chunxin, Y. (2013). Performance analysis on a new type of solar air conditioning system. *Energy and Buildings*, 60, 280–285. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.01.018>
- Yu, Z., Haghghat, F., Fung, B. C. M., & Yoshino, H. (2010). A decision tree method for building energy demand modeling. *Energy and Buildings*, 42(10), 1637–1646. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.04.006>
- Zach, J., Korjenic, A., Petránek, V., Hroudová, J., & Bednar, T. (2012). Performance evaluation and research of alternative thermal insulations based on sheep wool. *Energy and Buildings*, 49, 246–253. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.02.014>
- Zeiler, W., Gvozdenović, K., de Bont, K., & Maassen, W. (2016). Toward cost-effective nearly zero energy buildings: The Dutch Situation. *Science and Technology for the Built Environment*, 22(7), 911–927. <https://doi.org/10.1080/23744731.2016.1187552>
- Zimmerman, A. (2006). *Integrated Design Process Guide*. Canada Mortgage and Housing Corporation, Ottawa.





11. Anexo

11.1. Listado de simulaciones de la fase ALFA

En los siguientes apartados se detallan las simulaciones de la fase ALFA.

11.1.1. Fase ALFA del modelo 01

Tabla 11.1. Simulaciones base – m01c0M

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m01c0MISAs01	MISA	188,63	37,18	18511,90	225,81
m01c0MI06s01	MI HE 2006	75,72	22,30	8035,68	98,02
m01c0MI13s01	MI HE 2013 calculado	30,88	17,13	3935,86	48,01
m02c0MI12s01	MI HE 2013 según normativa	32,20	20,00	4279,36	52,20

Tabla 11.2. Simulaciones de Orientación – m01c01

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m01c01s01	Simulación a 0°	188,66	39,51	18705,38	228,17
m01c01s02	Simulación a 15°	188,67	39,45	18701,28	228,12
m01c01s03	Simulación a 30°	188,87	39,33	18707,84	228,20
m01c01s04	Simulación a 45°	188,85	38,93	18673,40	227,78
m01c01s05	Simulación a 60°	188,60	38,30	18601,26	226,90
m01c01s06	Simulación a 75°	188,65	37,44	18534,86	226,09
m01c01s07	Simulación a 90°	188,63	37,18	18511,90	225,81
m01c01s08	Simulación a 105°	188,75	37,56	18552,89	226,31
m01c01s09	Simulación a 120°	188,83	38,45	18632,41	227,28
m01c01s10	Simulación a 135°	189,08	39,03	18700,46	228,11
m01c01s11	Simulación a 150°	189,07	39,25	18717,67	228,32
m01c01s12	Simulación a 165°	188,80	39,25	18695,54	228,05
m01c01s13	Simulación a 180°	188,71	39,18	18682,42	227,89
m01c01s14	Simulación a 195°	188,77	39,09	18679,96	227,86
m01c01s15	Simulación a 210°	188,84	39,07	18684,06	227,91
m01c01s16	Simulación a 225°	188,67	38,94	18659,47	227,61
m01c01s17	Simulación a 240°	188,45	38,30	18588,97	226,75
m01c01s18	Simulación a 255°	188,26	37,55	18511,90	225,81
m01c01s19	Simulación a 270°	188,25	37,33	18493,05	225,58
m01c01s20	Simulación a 285°	188,34	37,79	18538,14	226,13
m01c01s21	Simulación a 300°	188,54	38,69	18628,32	227,23
m01c01s22	Simulación a 315°	188,76	39,30	18696,36	228,06
m01c01s23	Simulación a 330°	188,89	39,54	18726,69	228,43
m01c01s24	Simulación a 345°	188,78	39,50	18714,39	228,28
m01c01s25	Simulación a 275°	188,25	37,39	18497,97	225,64
m01c01s26	Simulación a 265°	188,23	37,32	18490,59	225,55
m01c01s27	Simulación a 260°	188,25	37,42	18500,43	225,67
m01c01s28	Simulación a 267°	188,23	37,31	18489,77	225,54
m01c01s29	Simulación a 266°	188,23	37,31	18489,77	225,54
m01c01s30	Simulación a 268°	188,24	37,32	18491,41	225,56
m01c01s31	Simulación a 269°	188,25	37,32	18492,23	225,57



Tabla 11.3. Simulaciones de Paramentos verticales - Fachadas – m01c0201

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno kWh / (m ² ·año)	Demanda verano kWh / (m ² ·año)	Demanda anual kWh / año	Demanda anual / m ² kWh / (m ² ·año)
	MISA	188,63	37,18	18511,90	225,81
m01c0201as01	Tipo a, 3 cm	132,32	31,09	13396,35	163,41
m01c0201as02	Tipo a, 4,5 cm	117,02	30,50	12093,69	147,52
m01c0201as03	Tipo a, 6 cm	114,23	30,25	11844,47	144,48
m01c0201as04	Tipo a, 7 cm	111,99	30,10	11648,54	142,09
m01c0201as05	Tipo a, 10 cm	108,87	29,26	11323,90	138,13
m01c0201as06	Tipo a, 10 + 4 cm	106,56	28,82	11098,45	135,38
m01c0201as07	Tipo a, 10 + 6 cm	106,22	28,83	11071,40	135,05
m01c0201as08	Tipo a, 10 + 8 cm	105,89	28,89	11049,26	134,78
m01c0201bs01	Tipo b, 3 cm	123,08	30,09	12556,88	153,17
m01c0201bs02	Tipo b, 6 cm	109,71	29,15	11383,74	138,86
m01c0201bs03	Tipo b, 8 cm	106,42	28,29	11043,53	134,71
m01c0201bs04	Tipo b, 8 cm + tras 2 cm	102,91	29,27	10836,12	132,18
m01c0201bs05	Tipo b, 8 cm + tras 4 cm	102,31	28,94	10759,88	131,25
m01c0201bs06	Tipo b, 8 cm + tras 6 cm	100,86	28,99	10645,10	129,85
m01c0201bs07	Tipo b, 10 cm + tras 6 cm	99,75	29,02	10556,56	128,77
m01c0201cs01	Tipo c, 5 cm	112,85	29,35	11657,56	142,20
m01c0201cs02	Tipo c, 6 cm	109,57	29,13	11370,63	138,70
m01c0201cs03	Tipo c, 8 cm	104,91	28,89	10968,92	133,80
m01c0201cs04	Tipo c, 10 cm	101,83	28,79	10708,23	130,62
m01c0201cs05	Tipo c, 12 cm	101,84	28,09	10651,66	129,93
m01c0201cs06	Tipo c, 14 cm	100,36	28,10	10531,15	128,46
m01c0201cs07	Tipo c, 16 cm	100,25	27,74	10492,62	127,99
m01c0201cs08	Tipo c, 18 cm	99,58	27,81	10443,43	127,39
m01c0201cs09	Tipo c, 20 cm	98,76	27,88	10381,95	126,64
m01c0201cs10	Tipo c, 16 cm + tras 3 cm	98,16	28,75	10404,08	126,91
m01c0201cs11	Tipo c, 20 cm + tras 3 cm	97,02	28,90	10322,92	125,92
m01c0201cs12	Tipo c, 20 cm + tras 5 cm	96,06	29,04	10255,70	125,10
m01c0201cs13	Tipo c, 20 cm + tras 6 cm	96,40	29,11	10289,31	125,51
m01c0201cs14	Tipo c, 20 cm + tras 8 cm	96,10	29,13	10266,36	125,23
m01c0201cs15	Tipo c, 20 cm + tras 10 cm	95,81	29,34	10259,80	125,15
m01c0201cs16	Tipo c, 20 cm + tras 12 cm	95,81	29,48	10271,27	125,29

Tabla 11.4. Simulaciones de Paramentos verticales - Tabiques – m01c0204

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno kWh / (m ² ·año)	Demanda verano kWh / (m ² ·año)	Demanda anual kWh / año	Demanda anual / m ² kWh / (m ² ·año)
m01c0204s01	Tabique MISA	188,63	37,18	18511,90	225,81
m01c0204s02	Tipo a, 4 cm	187,99	37,72	18503,71	225,71
m01c0204s03	Tipo a, 5 cm	188,16	37,77	18521,74	225,93
m01c0204s04	Tipo a, 6 cm	188,34	37,81	18539,78	226,15
m01c0204s05	Tipo b, 4 cm	189,87	37,60	18647,99	227,47
m01c0204s06	Tipo b, 6,5 cm	190,86	38,48	18801,29	229,34
m01c0204s07	Tipo b, 8,5 cm	191,04	38,55	18821,79	229,59

METODOLOGÍA DE DISEÑO Y ANÁLISIS DE SOLUCIONES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA CONSECUCCIÓN DE EDIFICIOS DE CONSUMO CASI NULO (NZEB)

Tabla 11.5. Simulaciones de Paramentos verticales - Acabados – m01c0206

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m01c0206s01	MISA	188,63	37,18	18511,90	225,81
m01c0206s02	Pintura plástica + Alicatado	188,6	37,06	18499,61	225,66
m01c0206s03	Pintura plástica + Chapado con arenisca	188,94	36,66	18494,69	225,60
m01c0206s04	Pintura ecológica + Alicatado	188,6	37,1	18502,89	225,70
m01c0206s05	Panel de corcho 2 cm + Alicatado	183,3	36,7	18035,60	220,00
m01c0206s06	Panel de corcho 4 cm + Alicatado	179,1	36	17633,90	215,10
m01c0206s07	Panel de corcho 7 cm + Alicatado	173,3	35,5	17117,42	208,80
m01c0206s08	Lámina de vinilo + Alicatado	188,1	36,6	18420,91	224,70
m01c0206s09	Linoleo 2000 + Alicatado	187,2	36,5	18338,93	223,70
m01c0206s10	Linoleo 4500 + Alicatado	184,1	36,2	18060,19	220,30
m01c0206s11	Tablero de fibras (MDF) 1.6 + Alicatado	179,4	35,4	17609,30	214,80
m01c0206s12	Tablero de fibras (MDF) 1.9 + Alicatado	177,9	35,2	17469,94	213,10
m01c0206s13	Tablero aglomerado 1.6 + Alicatado	178,3	35,5	17527,32	213,80
m01c0206s14	Tablero aglomerado 1.9 + Alicatado	176,8	35,3	17387,96	212,10
m01c0206s15	Tablero contrachapado + Alicatado	183,7	36	18011,01	219,70

Tabla 11.6. Simulaciones de Paramentos horizontales en contacto con el terreno– m01c0301

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m01c0301as01	Solera MISA	188,63	37,18	18511,90	225,81
m01c0301as02	Solera 3 cm	188,35	37,17	18488,13	225,52
m01c0301as03	Solera 5 cm	188,27	37,17	18481,57	225,44
m01c0301as04	Solera 7 cm	188,22	37,17	18477,47	225,39
m01c0301as05	Solera 10 cm	188,16	37,17	18472,55	225,33
m01c0301as06	Solera 10 cm + 3 cm	188,16	37,17	18472,55	225,33
m01c0301as07	Solera 10 cm + 6 cm	188,16	37,17	18472,55	225,33
m01c0301as08	Solera 10 cm + 10 cm	188,16	37,17	18472,55	225,33
m01c0301bs01	Forjado Sanitario	188,74	37,17	18520,10	225,91

Tabla 11.7. Simulaciones de Paramentos horizontales – Cubierta plana – m01c0302

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m01c0302s01	Tipo a, 5 cm	188,5	37,1	18494,69	225,60
m01c0302s02	Tipo a, 7,5 cm	188,5	37,1	18494,69	225,60
m01c0302s03	Tipo a, 14 cm	188,5	37,1	18494,69	225,60

Tabla 11.8. Simulaciones de Paramentos horizontales – Cubierta inclinada – m01c0303

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m01c0303s01	Tipo a, 4 cm	171,9	32,2	16732,12	204,10
m01c0303s02	Tipo a, 6 cm	170	31,6	16527,17	201,60
m01c0303s03	Tipo a, 8 cm	168,9	31,2	16404,20	200,10
m01c0303s04	Tipo a, 12 cm	167,6	30,8	16264,83	198,40
m01c0303s05	Tipo a, 16 cm	166,9	30,5	16182,85	197,40
m01c0303s06	Tipo a, 20 cm	166,4	30,3	16125,47	196,70



Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m01c0303s07	Tipo b, 4 cm	169,7	31,5	16494,38	201,20
m01c0303s08	Tipo b, 6 cm	168,2	31	16330,42	199,20
m01c0303s09	Tipo b, 8 cm	167,4	30,7	16240,24	198,10
m01c0303s10	Tipo b, 12 cm	166,5	30,4	16141,86	196,90
m01c0303s11	Tipo b, 16 cm	166	30,2	16084,48	196,20
m01c0303s12	Tipo b, 20 cm	165,7	30,1	16051,68	195,80

Tabla 11.9. Simulaciones de Paramentos horizontales – Acabados – m01c0304

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m01c0304s01	Tipo a, 1,8 cm	188,6	30,2	17937,22	218,80
m01c0304s02	Tipo a, 2,3 cm	189	37,5	18568,47	226,50
m01c0304s03	Tipo a, 4 cm	189,8	38,1	18683,24	227,90
m01c0304s04	Tipo b, 1,5 cm	193,2	37,9	18945,58	231,10
m01c0304s05	Tipo b, 4 cm	194,8	38,2	19101,34	233,00
m01c0304s06	Tipo b, 5 cm	194,7	38,2	19093,14	232,90

Tabla 11.10. Simulaciones de Huecos acristalados - Vidrios – m01c0401

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m01c0401as01	Vidrio MISA	188,63	37,18	18511,90	225,81
m01c0401as02	Tipo a, 4/6/4	184,9	36,6	18158,57	221,50
m01c0401as03	Tipo a, 6/6/8	185,2	36,3	18158,57	221,50
m01c0401as04	Tipo a, 8/8/10	185,4	36,1	18158,57	221,50
m01c0401as05	Tipo a, 10/10/12	185,3	35,9	18133,98	221,20
m01c0401as06	Tipo a, 10/10/12 + argón	185,1	35,9	18117,58	221,00
m01c0401as07	Tipo a, 12/14/12 + argón	185	35,7	18092,99	220,70
m01c0401as08	Tipo a, 12/20/12 + argón	185	35,7	18092,99	220,70
m01c0401bs01	Tipo b, 4/6/6	189,4	33,6	18281,54	223,00
m01c0401bs02	Tipo b, 6/8/6	188,8	33,5	18224,15	222,30
m01c0401bs03	Tipo b, 8/10/6	188,4	33,4	18183,16	221,80
m01c0401bs04	Tipo b, 8/12/6	188	33,4	18150,37	221,40
m01c0401bs05	Tipo b, 8/16/6	187,6	33,4	18117,58	221,00
m01c0401bs06	Tipo b, 8/10/6 + argón	187,6	33,4	18117,58	221,00
m01c0401bs07	Tipo b, 8/16/6 + argón int azul	187,2	33,3	18076,59	220,50
m01c0401bs08	Tipo b, 8/16/6 + argón int gris	186,2	33,7	18027,40	219,90
m01c0401bs09	Tipo b, 8/16/6 + argón int verde	186	33,8	18019,20	219,80
m01c0401cs01	Tipo c, 5/6/4	188,8	34,7	18322,53	223,50
m01c0401cs02	Tipo c, 8/10/5	192,4	32,2	18412,71	224,60
m01c0401cs03	Tipo c, 8/10/6 + argón	192	32,1	18371,72	224,10
m01c0401cs04	Tipo c, 8/16/6 + argón	191,6	32,1	18338,93	223,70
m01c0401cs05	Tipo c, 8/20/12 + argón	191,70	32,00	18338,93	223,70
m01c0401ds01	Tipo b y c, 6/6/4	192,7	32,1	18429,10	224,80
m01c0401ds02	Tipo b y c, 8/10/6 + argón	191,1	31,8	18273,34	222,90
m01c0401ds03	Tipo b y c, 8/16/6 + argón	190,7	31,7	18232,35	222,40
m01c0401es01	Tipo d, 6/14/4/14/4 + argón	183,7	34,5	17888,04	218,20
m01c0401es02	Tipo d, 6/14/4/14/4+4 + argón	188,3	32,3	18084,79	220,60

METODOLOGÍA DE DISEÑO Y ANÁLISIS DE SOLUCIONES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA CONSECUCCIÓN DE EDIFICIOS DE CONSUMO CASI NULO (NZEB)

Tabla 11.11. Simulaciones de Huecos acristalados - Marcos – m01c0401

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m01c0401fs01	Aluminio sin rotura PT	188,6	37,2	18511,08	225,80
m01c0401fs02	Acero	188,6	37,2	18511,08	225,80
m01c0401fs03	PVC	185,1	36,9	18199,56	222,00
m01c0401fs04	Madera	185	37	18199,56	222,00

Tabla 11.12. Simulaciones de Huecos acristalados - Sombreado – m01c0402

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m01c0402s01	0,4 m, 0,15 m separación	190	35,3	18470,09	225,30
m01c0402s02	0,3 m, 0,15 m separación	190,6	35,6	18543,88	226,20
m01c0402s03	0,3 m, 0,25 m separación, no en sótano	190	36	18527,48	226,00
m01c0402s04	0,3 m, 0,2 m separación, no en sótano	190,5	35,7	18543,88	226,20
m01c0402s05	0,3 m, 0,2 m separación, no en sótano var	197,50	33,30	18920,98	230,80

Tabla 11.13. Simulaciones de Huecos acristalados - Protecciones – m01c0403

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m01c0403s01	MISA	188,6	37,2	18511,08	225,80
m01c0403s02	Contraventana de madera, anual	201	31	19019,36	232,00
m01c0403s03	Contraventana de madera, estacional	188,6	31	18002,81	219,60
m01c0403s04	Persiana plástica clara, anual	202	30,9	19093,14	232,90
m01c0403s05	Persiana plástica clara, estacional	188,6	30,9	17994,61	219,50
m01c0403s06	Persiana veneciana lamas metálicas, anual	201,30	31,20	19060,35	232,50
m01c0403s07	Persiana veneciana lamas metálicas, estacional	188,6	31,20	18019,20	219,80

Tabla 11.14. Simulaciones de Sombreados ajenos al edificio – m01c05

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m01c05s01	Completo 5 m	193,2	36,1	18798,01	229,30
m01c05s02	Completo 10 m	201,7	32	19158,73	233,70
m01c05s03	Este 5 m	189,2	36,8	18527,48	226,00
m01c05s04	Este 10 m	190,4	35,6	18527,48	226,00
m01c05s05	Oeste 5 m	189,2	36,5	18502,89	225,70
m01c05s06	Oeste 10 m	190,3	34,7	18445,50	225,00
m01c05s07	Sur 5 m	192,1	37,2	18798,01	229,30
m01c05s08	Sur 10 m	198,3	36	19207,91	234,30
m01c05s09	Este 10 m, estacional	188,66	35,6	18384,83	224,26
m01c05s10	Oeste 10 m, estacional	188,66	34,7	18311,05	223,36
m01c05s11	Sur 10 m, estacional	188,66	36	18417,63	224,66
m01c05s12	Completo 10 m, estacional	188,66	32	18089,71	220,66



Tabla 11.15. Simulaciones de Rendimiento de las instalaciones de ventilación – m01c07

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m01c07s01	Rend 30%	181,1	36,5	17838,85	217,60
m01c07s02	Rend 50%	176,1	36	17387,96	212,10
m01c07s03	Rend 70%	171,1	35,5	16937,07	206,60
m01c07s04	Rend 80%	168,6	35,3	16715,72	203,90
m01c07s05	Rend 90%	166,1	35	16486,18	201,10
m01c07s06	Rend 95%	164,9	34,9	16379,60	199,80

11.1.2. Fase ALFA del modelo 02

Tabla 11.16. Simulaciones base – m02c0M

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m02c0MISAs01	MISA	152,00	42,78	28474,89	194,78
m02c0MI06s01	MI HE 2006	68,46	25,37	13717,01	93,83
m02c0MI13s01	MI HE 2013	26,33	19,08	6638,49	45,41
m02c0MI13s02	MI HE 2013 según normativa	26,80	20,00	6841,69	46,80

Tabla 11.17. Simulaciones de Orientación – m02c01

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m02c01s01	Simulación a 0°	152,55	40,14	28169,35	192,69
m02c01s02	Simulación a 15°	150,98	40,29	27961,76	191,27
m02c01s03	Simulación a 30°	149,37	40,21	27714,70	189,58
m02c01s04	Simulación a 45°	147,94	39,56	27410,63	187,50
m02c01s05	Simulación a 60°	146,68	38,58	27083,16	185,26
m02c01s06	Simulación a 75°	145,84	37,71	26833,17	183,55
m02c01s07	Simulación a 90°	145,63	37,63	26790,78	183,26
m02c01s08	Simulación a 105°	146,01	38,55	26980,83	184,56
m02c01s09	Simulación a 120°	146,96	40,13	27350,69	187,09
m02c01s10	Simulación a 135°	148,22	41,75	27771,71	189,97
m02c01s11	Simulación a 150°	149,48	42,79	28107,95	192,27
m02c01s12	Simulación a 165°	150,51	42,99	28287,77	193,50
m02c01s13	Simulación a 180°	152,00	42,78	28474,89	194,78
m02c01s14	Simulación a 195°	153,35	41,81	28530,44	195,16
m02c01s15	Simulación a 210°	154,59	40,41	28507,05	195,00
m02c01s16	Simulación a 225°	155,50	38,50	28360,86	194,00
m02c01s17	Simulación a 240°	156,05	36,36	28128,42	192,41
m02c01s18	Simulación a 255°	156,52	34,42	27913,52	190,94
m02c01s19	Simulación a 270°	152,55	40,14	28169,35	192,69
m02c01s20	Simulación a 285°	156,98	33,95	27912,06	190,93
m02c01s21	Simulación a 300°	156,88	35,32	28097,72	192,20
m02c01s22	Simulación a 315°	156,50	36,97	28283,38	193,47
m02c01s23	Simulación a 330°	155,57	38,38	28353,55	193,95
m02c01s24	Simulación a 345°	154,20	39,43	28306,77	193,63
m02c01s25	Simulación ajustada a 95°	145,70	37,83	26830,25	183,53
m02c01s26	Simulación ajustada a 100°	145,80	38,17	26894,57	183,97
m02c01s27	Simulación ajustada a 85°	145,64	37,51	26774,70	183,15
m02c01s28	Simulación ajustada a 80°	145,71	37,59	26796,63	183,30
m02c01s29	Simulación ajustada a 86°	145,63	37,52	26774,70	183,15

**METODOLOGÍA DE DISEÑO Y ANÁLISIS DE SOLUCIONES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA
PARA LA CONSECUCCIÓN DE EDIFICIOS DE CONSUMO CASI NULO (NZEB)**

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m02c01s30	Simulación ajustada a 87°	145,62	37,55	26777,62	183,17
m02c01s31	Simulación ajustada a 88°	145,58	37,59	26777,62	183,17
m02c01s32	Simulación ajustada a 84°	145,63	37,51	26773,24	183,14
m02c01s33	Simulación ajustada a 83°	145,62	37,54	26776,16	183,16
m02c01s34	Simulación ajustada a 82°	145,69	37,55	26787,86	183,24

Tabla 11.18. Simulaciones de Paramentos verticales - Fachadas – m02c0201

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (w/m2k)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
	MISA	2,37	152,00	42,78	28474,89	194,78
m02c0201as12	Tipo a, 0 cm	1,53	129,62	40,13	24815,75	169,75
m02c0201as11	Tipo a, 1,5 cm	0,94	113,05	38,55	22162,40	151,60
m02c0201as01	Tipo a, 3 cm	0,68	105,74	37,31	20912,48	143,05
m02c0201as02	Tipo a, 4,5 cm	0,54	101,35	36,90	20210,77	138,25
m02c0201as03	Tipo a, 6 cm	0,48	99,36	36,71	19892,07	136,07
m02c0201as04	Tipo a, 7 cm	0,42	97,67	36,55	19621,62	134,22
m02c0201as05	Tipo a, 10 cm	0,31	94,86	35,75	19093,88	130,61
m02c0201as06	Tipo a, 10 + 5 cm	0,22	92,17	35,12	18608,53	127,29
m02c0201as07	Tipo a, 10 + 6 cm	0,21	92,09	34,60	18520,81	126,69
m02c0201as08	Tipo a, 10 + 8 cm	0,18	91,47	34,53	18419,94	126,00
m02c0201as09	Tipo a, 10 + 12 cm	0,15	90,10	34,39	18199,19	124,49
m02c0201as10	Tipo a, 10 + 16 cm	0,13	89,74	33,91	18076,39	123,65
m02c0201bs01	Tipo b, 0 cm	2,27	149,85	41,52	27976,38	191,37
m02c0201bs02	Tipo b, 1,5 cm	1,13	118,04	37,09	22678,45	155,13
m02c0201bs03	Tipo b, 3 cm	0,76	106,84	35,96	20875,93	142,80
m02c0201bs04	Tipo b, 6 cm	0,45	98,24	34,58	19416,96	132,82
m02c0201bs05	Tipo b, 8 cm	0,36	95,77	33,85	18949,15	129,62
m02c0201bs06	Tipo b, 8 cm + tras 2 cm	0,29	94,28	35,27	18938,91	129,55
m02c0201bs07	Tipo b, 8 cm + tras 4 cm	0,25	93,12	35,27	18769,33	128,39
m02c0201bs08	Tipo b, 8 cm + tras 6 cm	0,22	92,56	34,77	18614,37	127,33
m02c0201bs09	Tipo b, 10 cm + tras 6 cm	0,19	91,78	34,68	18487,19	126,46
m02c0201cs01	Tipo c, 0 cm	2,42	153,23	43,06	28695,64	196,29
m02c0201cs02	Tipo c, 1,5 cm	1,21	119,36	38,76	23115,56	158,12
m02c0201cs03	Tipo c, 3 cm	0,8	108,27	36,67	21188,78	144,94
m02c0201cs04	Tipo c, 5 cm	0,55	100,68	35,96	19975,40	136,64
m02c0201cs05	Tipo c, 6 cm	0,48	98,70	35,56	19627,47	134,26
m02c0201cs06	Tipo c, 8 cm	0,38	96,11	34,73	19127,50	130,84
m02c0201cs07	Tipo c, 10 cm	0,31	94,10	34,54	18805,88	128,64
m02c0201cs08	Tipo c, 12 cm	0,27	93,00	33,93	18555,90	126,93
m02c0201cs09	Tipo c, 14 cm	0,23	92,09	33,61	18376,08	125,70
m02c0201cs10	Tipo c, 16 cm	0,21	91,41	33,45	18253,28	124,86
m02c0201cs11	Tipo c, 18 cm	0,18	91,19	32,95	18148,03	124,14
m02c0201cs12	Tipo c, 20 cm	0,17	90,57	32,90	18050,08	123,47
m02c0201cs13	Tipo c, 16 cm + tras 3 cm	0,17	91,15	34,48	18365,85	125,63
m02c0201cs14	Tipo c, 20 cm + tras 3 cm	0,15	89,78	34,35	18146,56	124,13
m02c0201cs15	Tipo c, 20 cm + tras 5 cm	0,13	89,45	34,42	18108,56	123,87
m02c0201cs16	Tipo c, 20 cm + tras 6 cm	0,13	89,29	34,42	18085,16	123,71
m02c0201cs17	Tipo c, 20 cm + tras 8 cm	0,12	89,41	34,00	18041,31	123,41
m02c0201cs18	Tipo c, 20 cm + tras 10 cm	0,11	89,09	33,97	17990,14	123,06
m02c0201cs19	Tipo c, 20 cm + tras 12 cm	0,1	88,93	33,95	17963,83	122,88



Tabla 11.19. Simulaciones de Paramentos verticales - Tabiques – m02c0204

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (w/m2k)	kWh / (m ² -año)	kWh / (m ² -año)	kWh / año	kWh / (m ² -año)
	MISA	2,38	152,00	42,78	28474,89	194,78
m02c0204s01	MISA + Tras	1,11	154,02	43,61	28891,53	197,63
m02c0204s02	Tipo a, 4 cm	0,66	150,31	44,29	28448,57	194,60
m02c0204s03	Tipo a, 5 cm	0,55	150,42	44,17	28447,11	194,59
m02c0204s04	Tipo b, 6 cm	0,48	150,54	44,24	28474,89	194,78
m02c0204s05	Tipo b, 4 cm	0,35	152,21	44,79	28799,43	197,00
m02c0204s06	Tipo b, 8 cm	0,19	153,97	45,88	29216,07	199,85
m02c0204s07	Tipo b, 12 cm	0,13	155,92	46,78	29632,71	202,70

Tabla 11.20. Simulaciones de Paramentos verticales - Tabiques en contacto con zonas no habitables – m02c0205

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (w/m2k)	kWh / (m ² -año)	kWh / (m ² -año)	kWh / año	kWh / (m ² -año)
m02c0205s01	MISA + Tras	1,11	150,14	42,64	28182,51	192,78
m02c0205s02	Tipo a, 4 cm	0,66	149,55	42,68	28102,10	192,23
m02c0205s03	Tipo a, 5 cm	0,55	149,39	42,67	28077,25	192,06
m02c0205s04	Tipo b, 6 cm	0,48	149,25	42,66	28055,32	191,91
m02c0205s05	Tipo b, 4 cm	0,35	149,01	42,63	28015,85	191,64
m02c0205s06	Tipo b, 8 cm	0,19	148,7	42,62	27969,07	191,32
m02c0205s07	Tipo b, 12 cm	0,13	148,56	42,61	27947,14	191,17

Tabla 11.21. Simulaciones de Paramentos verticales - Acabados – m02c0206

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² -año)	kWh / (m ² -año)	kWh / año	kWh / (m ² -año)
m02c0206s01	MISA	152,00	42,78	28474,89	194,78
m02c0206s02	Pintura plástica + Alicatado	151,85	42,53	28416,41	194,38
m02c0206s03	Pintura plástica + Chapado con arenisca	151,72	41,63	28265,84	193,35
m02c0206s04	Pintura ecológica + Alicatado	151,85	42,53	28416,41	194,38
m02c0206s05	Panel de corcho 2 cm + Alicatado	147,57	42,28	27754,17	189,85
m02c0206s06	Panel de corcho 4 cm + Alicatado	143,99	42,07	27200,11	186,06
m02c0206s07	Panel de corcho 7 cm + Alicatado	139,39	41,78	26485,24	181,17
m02c0206s08	Lámina de vinilo + Alicatado	151,18	42,39	28298,00	193,57
m02c0206s09	Linoleo 2000 + Alicatado	150,42	42,28	28170,81	192,70
m02c0206s10	Linoleo 4500 + Alicatado	147,82	41,95	27742,48	189,77
m02c0206s11	Tablero de fibras (MDF) 1.6 + Alicatado	143,6	40,8	26957,44	184,40
m02c0206s12	Tablero de fibras (MDF) 1.9 + Alicatado	142,33	40,55	26735,23	182,88
m02c0206s13	Tablero aglomerado 1.6 + Alicatado	142,85	41,01	26878,49	183,86
m02c0206s14	Tablero aglomerado 1.9 + Alicatado	141,58	40,8	26662,13	182,38
m02c0206s15	Tablero contrachapado + Alicatado	147,24	41,54	27597,75	188,78

Tabla 11.22. Simulaciones de Paramentos horizontales en contacto con el terreno– m02c0301

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (w/m2k)	kWh / (m ² -año)	kWh / (m ² -año)	kWh / año	kWh / (m ² -año)
m02c0301as01	Solera MISA	0,46	152,00	42,78	28474,89	194,78
m02c0301as02	Solera 3 cm	0,31	146,64	40,77	27397,47	187,41

**METODOLOGÍA DE DISEÑO Y ANÁLISIS DE SOLUCIONES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA
PARA LA CONSECUCCIÓN DE EDIFICIOS DE CONSUMO CASI NULO (NZEB)**

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda	Demanda	Demanda	Demanda
			invierno	verano	anual	anual / m ²
		Um (w/m2k)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m02c0301as03	Solera 5 cm	0,26	145	40,75	27154,79	185,75
m02c0301as04	Solera 7 cm	0,23	144,11	40,74	27023,22	184,85
m02c0301as05	Solera 10 cm	0,19	142,91	40,73	26846,33	183,64
m02c0301as06	Solera 15 cm	0,14	141,55	40,71	26644,59	182,26
m02c0301as07	Solera 10 cm + 3 cm	0,18*	142,76	40,72	26822,94	183,48
m02c0301as08	Solera 10 cm + 6 cm	0,18*	142,61	40,72	26801,01	183,33
m02c0301as09	Solera 10 cm + 10 cm	0,18*	142,46	40,72	26779,08	183,18
m02c0301as10	Solera 15 cm + 10 cm	0,14*	141,4	40,71	26622,66	182,11
m02c0301bs01	Forjado Sanitario	0,61	159,85	41,23	29395,89	201,08
m02c0301bs02	Losa de cimentación 40	0,26	145,29	41,3	27277,59	186,59
m02c0301bs03	Losa de cimentación 100	0,18	142,74	41,27	26900,42	184,01

Tabla 11.23. Simulaciones de Paramentos horizontales – Cubierta plana – m02c0302

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda	Demanda	Demanda	Demanda
			invierno	verano	anual	anual / m ²
		Um (w/m2k)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
	MISA	1,08	152,00	42,78	28474,89	194,78
m02c0302s01	Tipo a, 1,5 cm	0,76	147,09	41,11	27512,96	188,20
m02c0302s02	Tipo a, 3 cm	0,58	144,09	40,08	26923,81	184,17
m02c0302s03	Tipo a, 5 cm	0,45	141,5	39,13	26406,30	180,63
m02c0302s04	Tipo a, 7 cm	0,37	139,97	38,59	26103,69	178,56
m02c0302s05	Tipo a, 9 cm	0,31	138,77	38,13	25861,01	176,90
m02c0302s06	Tipo a, 11 cm	0,27	137,93	37,81	25691,43	175,74
m02c0302s07	Tipo a, 13 cm	0,23	137,23	37,58	25555,47	174,81
m02c0302s08	Tipo a, 14 cm intermedia	0,22	136,97	37,44	25497,00	174,41
m02c0302s09	Tipo a, 14 cm clara	0,22	137,67	36,74	25497,00	174,41
m02c0302s10	Tipo a, 14 cm oscura	0,22	136,27	38,15	25498,46	174,42
m02c0302s11	Tipo a, 20 cm	0,16	135,66	36,98	25238,24	172,64
m02c0302s12	Tipo a, 26 cm	0,13	134,94	36,7	25092,05	171,64
m02c0302s13	Tipo b vegetal, 13,5 cm	0,22	136,87	37,45	25483,84	174,32
m02c0302s14	Tipo b vegetal intensiva, 12 cm	0,22	136,96	37,45	25497,00	174,41
m02c0302s15	Tipo c, 14 cm	0,27	137,9	37,75	25678,27	175,65
m02c0302s16	Tipo c, 20 cm	0,19	136,36	37,2	25372,74	173,56

Tabla 11.24. Simulaciones de Paramentos horizontales – Acabados – m02c0304

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda	Demanda	Demanda	Demanda
			invierno	verano	anual	anual / m ²
		Um (w/m2k)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m02c0304s01	Tipo a, 1,8 cm		152,00	42,78	28474,89	194,78
m02c0304s02	Tipo a, 2,3 cm		151,89	43,01	28492,43	194,90
m02c0304s03	Tipo a, 4 cm		151,34	43,36	28463,19	194,70
m02c0304s04	Tipo b, 1,5 cm		131,8	41,71	25365,43	173,51
m02c0304s05	Tipo b, 4 cm		122,73	41,67	24033,64	164,40
m02c0304s06	Tipo b, 5 cm		119,64	41,63	23576,06	161,27
m02c0304s07	Tipo b, 10 cm		108,66	41,44	21943,12	150,10
m02c0304s08	Tipo c, 3 cm		150,85	41,15	28068,48	192,00
m02c0304s09	Tipo c, 5 cm		148,64	40,33	27625,52	188,97
m02c0304s10	Tipo c, 6 cm		147,86	40,42	27524,65	188,28
m02c0304s11	Tipo c, 12 cm		145,26	38,39	26847,79	183,65

Tabla 11.25. Simulaciones de Huecos acristalados - Vidrios – m02c0401

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Factor solar	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (w/m2k)		kWh / (m ² -año)	kWh / (m ² -año)	kWh / año	kWh / (m ² -año)
	MISA	Uvidrio	Fs	152,00	42,78	28474,89	194,78
m02c0401as01	Vidrio Simple	5,7	0,83	152,75	41,98	28467,58	194,73
m02c0401as02	Tipo a, 4/6/4	3,3	0,77	148,86	40,95	27748,32	189,81
m02c0401as03	Tipo a, 6/6/8	3,2	0,74	149,11	40,46	27713,24	189,57
m02c0401as04	Tipo a, 8/8/10	3	0,71	149,17	39,98	27651,84	189,15
m02c0401as05	Tipo a, 10/10/12	2,8	0,69	149,07	36,95	27194,26	186,02
m02c0401as06	Tipo a, 10/10/12 + argón	2,7	0,69	148,87	39,65	27559,74	188,52
m02c0401as07	Tipo a, 12/14/12 + argón	2,5	0,67	148,78	39,32	27498,34	188,10
m02c0401as08	Tipo a, 12/20/12 + argón	2,5	0,67	148,78	39,32	27498,34	188,10
m02c0401bs01	Tipo b, 4/6/6	2,5	0,41	156,86	35,28	28088,95	192,14
m02c0401bs02	Tipo b, 6/8/6	2,1	0,4	152,21	35,09	27381,39	187,30
m02c0401bs03	Tipo b, 8/10/6	1,8	0,39	151,77	34,92	27292,21	186,69
m02c0401bs04	Tipo b, 8/12/6	1,6	0,39	151,47	34,91	27246,89	186,38
m02c0401bs05	Tipo b, 8/16/6	1,4	0,39	150,96	34,89	27169,41	185,85
m02c0401bs06	Tipo b, 8/10/6 + argón	1,4	0,39	150,96	34,89	27169,41	185,85
m02c0401bs07	Tipo b, 8/16/6 + argón int azul	1,1	0,38	150,52	34,71	27078,77	185,23
m02c0401bs08	Tipo b, 8/16/4 + argón int gris	1,1	0,44	149,56	35,64	27074,39	185,20
m02c0401bs09	Tipo b, 8/16/6 + argón int gris	1,1	0,36	150,84	34,41	27081,70	185,25
m02c0401bs10	Tipo b, 8/16/4 + argón int verde	1,1	0,45	149,4	35,79	27072,93	185,19
m02c0401bs11	Tipo b, 8/16/6 + argón int verde	1,1	0,36	150,84	34,41	27081,70	185,25
m02c0401cs01	Tipo c, 5/6/4	3,3	0,54	152,41	37,33	27738,09	189,74
m02c0401cs02	Tipo c, 8/10/5	2,5	0,24	155,6	32,7	27527,58	188,30
m02c0401cs03	Tipo c, 8/10/6 + argón	2,2	0,23	155,17	32,52	27438,40	187,69
m02c0401cs04	Tipo c, 8/16/6 + argón	2	0,23	154,77	32,5	27377,00	187,27
m02c0401cs05	Tipo c, 8/20/12 + argón	2	0,22	154,93	32,35	27378,46	187,28
m02c0401ds01	Tipo b y c, 6/6/4	2,5	0,22	155,93	32,4	27531,96	188,33
m02c0401ds02	Tipo b y c, 8/10/6 + argón	1,4	0,19	154,22	31,85	27201,57	186,07
m02c0401ds03	Tipo b y c, 8/16/6 + argón	1,1	0,18	153,78	31,67	27110,94	185,45
m02c0401es01	Tipo d, 6/14/4/14/4 + argón	0,6	0,53	147,12	37,01	26917,96	184,13
m02c0401es02	Tipo d, 6/14/4/14/4+4 + argón	0,6	0,26	151,46	32,84	26942,82	184,30

Tabla 11.26. Simulaciones de Huecos acristalados - Marcos – m02c0401

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Factor solar	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (w/m2k)		kWh / (m ² -año)	kWh / (m ² -año)	kWh / año	kWh / (m ² -año)
m02c0401fs01	Aluminio sin rotura PT	5,7	0,09	152,00	42,80	28477,81	194,80
m02c0401fs02	Aluminio con rotura PT	4	0,06	149,40	42,50	28053,86	191,90
m02c0401fs03	Aluminio madera RTP	1,1	0,02	144,8	42	27308,29	186,80
m02c0401fs04	Cor 60	0,9	0,01	144,5	41,9	27249,82	186,40
m02c0401fs05	Cor 70 CC	0,7	0,01	144,2	41,9	27205,96	186,10
m02c0401fs06	Acero	5,7	0,09	152,00	42,80	28477,81	194,80
m02c0401fs07	PVC	1,3	0,02	145,2	42	27366,77	187,20
m02c0401fs08	Madera Iroko / Roble	1,38	0,02	145,3	42	27381,39	187,30
m02c0401fs09	Madera Pino	1,13	0,02	144,9	42	27322,91	186,90

**METODOLOGÍA DE DISEÑO Y ANÁLISIS DE SOLUCIONES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA
PARA LA CONSECUCCIÓN DE EDIFICIOS DE CONSUMO CASI NULO (NZEB)**

Tabla 11.27. Simulaciones de Huecos acristalados - Sombreado – m02c0402

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
	MISA	152,00	42,78	28474,89	194,78
m02c0402s01	1 m, 0,15 m separación -10° solo este	155,06	37,02	28080,18	192,08
m02c0402s02	1 m, 0,15 m separación -10° solo este + oeste 0,3 m	155,97	36,36	28116,72	192,33
m02c0402s03	1 m, 0,15 m separación -10° solo este + oeste 0,3 m sin pro fijo	155,53	36,65	28094,79	192,18
m02c0402s04	0,75 m, 0,15 m separación -10° solo este + oeste 0,2 m sin pro fijo	154,36	38,48	28191,28	192,84
m02c0402s05	1,25 m, 0,15 m separación -10° solo este + oeste 0,4 m sin pro fijo	155,82	35,54	27974,92	191,36

Tabla 11.28. Simulaciones de Huecos acristalados - Protecciones – m02c0403

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
	MISA	152,00	42,78	28474,89	194,78
m02c0403s01	Contraventana de madera, anual	165,13	30,13	28545,06	195,26
m02c0403s02	Contraventana de madera, estacional	152	30,13	26625,58	182,13
m02c0403s03	Persiana plástica clara, anual	165,27	30	28546,52	195,27
m02c0403s04	Persiana plástica clara, estacional	152	30	26606,58	182,00
m02c0403s05	Persiana veneciana lamas metálicas, anual	164,55	30,64	28534,83	195,19
m02c0403s06	Persiana veneciana lamas metálicas, estacional	152,00	30,64	26700,14	182,64

Tabla 11.29. Simulaciones de Sombreados ajenos al edificio – m02c05

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
	MISA	152,00	42,78	28474,89	194,78
m02c05s01	Completo 5 m	158,79	35,89	28460,27	194,68
m02c05s02	Completo 10 m	162,21	30,7	28201,51	192,91
m02c05s03	Este 5 m	153,91	41,22	28526,05	195,13
m02c05s04	Este 10 m	155	39,88	28489,51	194,88
m02c05s05	Oeste 5 m	156,05	37,39	28278,99	193,44
m02c05s06	Oeste 10 m	157,72	33,65	27976,38	191,37
m02c05s07	Sur 5 m	152,77	42,78	28587,45	195,55
m02c05s08	Sur 10 m	153,32	42,55	28634,24	195,87
m02c05s09	Este 10 m, estacional	152,00	39,88	28050,94	191,88
m02c05s10	Oeste 10 m, estacional	152,00	33,65	27140,17	185,65
m02c05s11	Sur 10 m, estacional	152,00	42,55	28441,26	194,55
m02c05s12	Completo 10 m, estacional	152,00	30,7	26708,91	182,70

Tabla 11.30. Simulaciones de Definición de recintos – m02c06

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
	MISA	152,00	42,78	28474,89	194,78
m02c06s01	Perfil de uso CTE	156,4	40,69	28812,59	197,09
m02c06s02	Ren 0,6	150,92	42,67	28300,92	193,59
m02c06s03	Ren 0,3 Passivhaus	140,09	41,63	26565,65	181,72

Tabla 11.31. Simulaciones de Rendimiento de las instalaciones de ventilación – m02c07

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
	MISA	152,00	42,78	28474,89	194,78
m02c07s01	Rend 30%	145,17	42,12	27379,93	187,29
m02c07s02	Rend 50%	140,63	41,68	26651,90	182,31
m02c07s03	Rend 70%	136,09	41,24	25923,87	177,33
m02c07s04	Rend 80%	133,82	41,02	25559,86	174,84
m02c07s05	Rend 90%	131,56	40,8	25197,31	172,36
m02c07s06	Rend 95%	130,43	40,69	25016,03	171,12

11.1.3. Fase ALFA del modelo 02+

Tabla 11.32. Simulaciones base – m02+c0M

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m02+c0MISAs01	MISA CMEP	152,00	42,78	27444,50	194,78
m02+c0MISAE+s01_base	MISA E+ Simplificada	99,06	28,92	18032,38	127,98
m02+c0MI013s01	MI HE 2013 según normativa	26,90	20,00	6608,21	46,90
m02+c0MI13s01	MI HE 2013 E+ v1	9,02	16,82	3640,86	25,84
m02+c0MI13E+s01	MI HE 2013 E+ v2	0,77	13,65	2031,78	14,42
m02+c0MI13E+s02	MI HE 2013 E+ v3	0,74	7,09	1103,25	7,83

Tabla 11.33. Simulaciones de Orientación – m02+c01

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m02+c01s01	Simulación a 0°	89,29	20,06	15407,42	109,35
m02+c01s02	Simulación a 15°	90,70	21,51	15810,39	112,21
m02+c01s03	Simulación a 30°	92,43	23,90	16390,90	116,33
m02+c01s04	Simulación a 45°	94,31	26,39	17006,63	120,70
m02+c01s05	Simulación a 60°	96,04	28,20	17505,42	124,24
m02+c01s06	Simulación a 75°	97,66	29,01	17847,80	126,67
m02+c01s07	Simulación a 90°	99,06	28,92	18032,38	127,98
m02+c01s08	Simulación a 105°	100,72	28,01	18138,06	128,73
m02+c01s09	Simulación a 120°	102,03	26,33	18085,92	128,36
m02+c01s10	Simulación a 135°	102,94	24,03	17890,07	126,97
m02+c01s11	Simulación a 150°	103,43	21,43	17592,77	124,86
m02+c01s12	Simulación a 165°	103,72	19,18	17316,61	122,90
m02+c01s13	Simulación a 180°	103,64	17,95	17132,03	121,59
m02+c01s14	Simulación a 195°	104,63	18,47	17344,79	123,10
m02+c01s15	Simulación a 210°	105,02	19,84	17592,77	124,86
m02+c01s16	Simulación a 225°	104,85	21,48	17799,90	126,33
m02+c01s17	Simulación a 240°	103,85	22,88	17856,26	126,73
m02+c01s18	Simulación a 255°	102,06	23,81	17735,08	125,87
m02+c01s19	Simulación a 270°	99,79	24,33	17488,51	124,12
m02+c01s20	Simulación a 285°	97,51	24,32	17165,85	121,83
m02+c01s21	Simulación a 300°	95,13	23,79	16755,83	118,92
m02+c01s22	Simulación a 315°	92,93	22,75	16299,31	115,68
m02+c01s23	Simulación a 330°	91,05	21,36	15838,57	112,41
m02+c01s24	Simulación a 345°	89,87	20,20	15508,86	110,07
m02+c01s25	Simulación ajustada a 5°	89,49	20,36	15477,87	109,85
m02+c01s26	Simulación ajustada a 10°	89,81	20,82	15587,77	110,63

**METODOLOGÍA DE DISEÑO Y ANÁLISIS DE SOLUCIONES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA
PARA LA CONSECUCCIÓN DE EDIFICIOS DE CONSUMO CASI NULO (NZEB)**

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m02+c01s27	Simulación ajustada a 355°	89,65	19,99	15448,28	109,64
m02+c01s28	Simulación ajustada a 350°	89,70	20,03	15460,96	109,73
m02+c01s29	Simulación ajustada a 1°	89,32	20,11	15418,69	109,43
m02+c01s30	Simulación ajustada a 2°	89,35	20,16	15429,96	109,51
m02+c01s31	Simulación ajustada a 3°	89,39	20,22	15444,05	109,61
m02+c01s32	Simulación ajustada a 4°	89,43	20,29	15459,55	109,72
m02+c01s33	Simulación ajustada a 359°	89,71	20,08	15469,41	109,79
m02+c01s34	Simulación ajustada a 358°	89,69	20,04	15460,96	109,73
m02+c01s35	Simulación ajustada a 357°	89,67	20,02	15455,32	109,69
m02+c01s36	Simulación ajustada a 356°	89,66	20,00	15451,09	109,66

Tabla 11.34. Simulaciones de Paramentos verticales - Fachadas – m02+c0201

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (w/m ² k)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
	MISA	2,4502	99,06	28,92	18032,38	127,98
m02+c0201as01	Tipo a, 0 cm	2,1047	91,68	26,54	16657,20	118,22
m02+c0201as02	Tipo a, 1,5 cm	1,1357	69,97	21,86	12938,85	91,83
m02+c0201as03	Tipo a, 3 cm	0,7776	61,40	20,28	11508,71	81,68
m02+c0201as04	Tipo a, 4,5 cm	0,5912	56,80	19,51	10752,08	76,31
m02+c0201as05	Tipo a, 6 cm	0,4769	53,92	19,07	10284,29	72,99
m02+c0201as06	Tipo a, 7 cm	0,4225	52,54	18,86	10060,26	71,40
m02+c0201as07	Tipo a, 10 cm	0,3147	49,74	18,49	9613,61	68,23
m02+c0201as08	Tipo a, 10 + 5 cm	0,2208	47,22	18,22	9220,50	65,44
m02+c0201as09	Tipo a, 10 + 6 cm	0,2084	46,88	18,19	9168,36	65,07
m02+c0201as10	Tipo a, 10 + 8 cm	0,1873	46,29	18,14	9078,19	64,43
m02+c0201as11	Tipo a, 10 + 12 cm	0,1557	45,38	18,09	8942,92	63,47
m02+c0201as12	Tipo a, 10 + 16 cm	0,1333	44,70	18,09	8847,11	62,79
m02+c0201bs01	Tipo b, 0 cm	2,0403	88,03	22,81	15617,36	110,84
m02+c0201bs02	Tipo b, 1,5 cm	1,0738	67,67	18,78	12180,81	86,45
m02+c0201bs03	Tipo b, 3 cm	0,7286	59,79	17,70	10918,34	77,49
m02+c0201bs04	Tipo b, 6 cm	0,4435	52,91	16,97	9846,09	69,88
m02+c0201bs05	Tipo b, 8 cm	0,3517	50,60	16,78	9493,84	67,38
m02+c0201bs06	Tipo b, 8 cm + tras 2 cm	0,2881	48,77	17,55	9344,49	66,32
m02+c0201bs07	Tipo b, 8 cm + tras 4 cm	0,2463	47,70	17,76	9223,31	65,46
m02+c0201bs08	Tipo b, 8 cm + tras 6 cm	0,2152	46,89	17,87	9124,68	64,76
m02+c0201bs09	Tipo b, 10 cm + tras 6 cm	0,191	46,22	17,90	9034,51	64,12
m02+c0201cs01	Tipo c, 0 cm	2,4206	98,43	28,65	17905,57	127,08
m02+c0201cs02	Tipo c, 1,5 cm	1,2051	71,29	20,34	12910,67	91,63
m02+c0201cs03	Tipo c, 3 cm	0,8023	61,73	18,49	11303,00	80,22
m02+c0201cs04	Tipo c, 5 cm	0,5549	55,66	17,53	10312,47	73,19
m02+c0201cs05	Tipo c, 6 cm	0,4808	53,81	17,27	10015,17	71,08
m02+c0201cs06	Tipo c, 8 cm	0,3795	51,23	16,93	9603,74	68,16
m02+c0201cs07	Tipo c, 10 cm	0,3134	49,52	16,73	9334,63	66,25
m02+c0201cs08	Tipo c, 12 cm	0,2669	48,29	16,60	9143,00	64,89
m02+c0201cs09	Tipo c, 14 cm	0,2324	47,35	16,53	9000,69	63,88
m02+c0201cs10	Tipo c, 16 cm	0,2059	46,62	16,50	8893,61	63,12
m02+c0201cs11	Tipo c, 18 cm	0,1847	46,02	16,50	8809,07	62,52
m02+c0201cs12	Tipo c, 20 cm	0,1675	45,54	16,50	8741,44	62,04
m02+c0201cs20	Tipo c, 23 cm	0,147	44,91	16,58	8663,94	61,49
m02+c0201cs21	Tipo c, 26 cm	0,131	44,49	16,69	8620,26	61,18
m02+c0201cs22	Tipo c, 30 cm	0,1143	43,97	16,8	8562,49	60,77
m02+c0201cs13	Tipo c, 16 cm + tras 3 cm	0,173	45,58	17,19	8844,29	62,77

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (w/m ² k)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m02+c0201cs14	Tipo c, 20 cm + tras 3 cm	0,1451	44,78	17,87	8827,39	62,65
m02+c0201cs15	Tipo c, 20 cm + tras 5 cm	0,1337	44,54	18,04	8817,52	62,58
m02+c0201cs16	Tipo c, 20 cm + tras 6 cm	0,1286	44,40	18,11	8807,66	62,51
m02+c0201cs17	Tipo c, 20 cm + tras 8 cm	0,1196	44,14	18,19	8782,30	62,33
m02+c0201cs18	Tipo c, 20 cm + tras 10 cm	0,1117	43,91	18,26	8759,75	62,17
m02+c0201cs19	Tipo c, 20 cm + tras 12 cm	0,1048	43,67	18,28	8728,76	61,95

Tabla 11.35. Simulaciones de Paramentos verticales - Comprobación inercia – m02+c0202

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (w/m ² k)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m02+c0202s01	Inercia muro - Ais ext	0,1694	45,54	16,50	8741,44	62,04
m02+c0202s02	Inercia muro - Ais int	0,1694	45,67	17,79	8941,51	63,46

Tabla 11.36. Simulaciones de Paramentos verticales - Tabiques – m02+c0204

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (w/m ² k)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
	MISA	2,38	99,06	28,92	18032,38	127,98
m02+c0204s01	Tipo a, 1,5 cm	1,24	100,27	31,97	18632,62	132,24
m02+c0204s02	Tipo a, 3 cm	0,8	100,28	31,99	18636,84	132,27
m02+c0204s03	Tipo a, 4 cm	0,65	100,28	31,99	18636,84	132,27
m02+c0204s04	Tipo a, 6 cm	0,48	100,27	31,97	18632,62	132,24
m02+c0204s05	Tipo a, 8 cm	0,38	100,26	31,94	18626,98	132,20
m02+c0204s06	Tipo b, 8 cm	0,35	99,57	30,34	18304,32	129,91
m02+c0204s07	Tipo b, 12 cm	0,25	99,51	30,22	18278,96	129,73

Tabla 11.37. Simulaciones de Paramentos verticales - Tabiques en contacto con zonas no habitables – m02+c0205

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (w/m ² k)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m02+c0205s01	MISA + Tipo a, 1,5 cm	1,23	97	29,11	17768,90	126,11
m02+c0205s02	MISA + Tipo a, 4 cm	0,66	95,69	29,08	17580,09	124,77
m02+c0205s03	MISA + Tipo a, 8 cm	0,38	94,98	29,06	17477,24	124,04
m02+c0205s04	m02+c0204s02 + Tipo a, 1,5 cm	1,23	98,29	32,23	18390,27	130,52
m02+c0205s05	m02+c0204s02 + Tipo a, 4 cm	0,66	96,99	32,2	18202,87	129,19
m02+c0205s06	m02+c0204s02 + Tipo a, 8 cm	0,38	96,29	32,19	18102,83	128,48
m02+c0205s07	m02+c0204s02 + Tipo a, 12 cm	0,26	95,99	32,18	18059,15	128,17

Tabla 11.38. Simulaciones de Paramentos horizontales en contacto con el terreno– m02+c0301

Código de simulación	Descripción breve	Resistencia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Rm (m ² k / w)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m02+c0301as01	Solera MISA	0,13	99,06	28,92	18032,38	127,98
m02+c0301as02	Solera 3 cm	0,96	97,47	30,79	18071,83	128,26
m02+c0301as03	Solera 5 cm	1,52	96,89	31,43	18080,29	128,32
m02+c0301as04	Solera 7 cm	2,08	96,53	31,88	18092,97	128,41

**METODOLOGÍA DE DISEÑO Y ANÁLISIS DE SOLUCIONES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA
PARA LA CONSECUCCIÓN DE EDIFICIOS DE CONSUMO CASI NULO (NZEB)**

Código de simulación	Descripción breve	Resistencia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Rm (m ² k / w)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m02+c0301as05	Solera 10 cm	2,91	96,09	32,38	18101,42	128,47
m02+c0301as06	Solera 15 cm	4,3	95,58	32,96	18111,29	128,54
m02+c0301as07	Solera 15 cm + 3 cm	4,3* + 0,88	95,57	33,05	18122,56	128,62
m02+c0301as08	Solera 15 cm + 6 cm	4,3* + 1,76	95,55	33,11	18128,19	128,66
m02+c0301as09	Solera 15 cm + 10 cm	4,3* + 2,78	95,54	33,17	18135,24	128,71

Tabla 11.39. Simulaciones de Paramentos horizontales – Cubierta plana – m02+c0302

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (w/m ² k)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
	MISA	0,72	99,06	28,92	18032,38	127,98
m02+c0302s01	Tipo a, 1,5 cm	0,56	95,16	28,69	17450,47	123,85
m02+c0302s02	Tipo a, 3 cm	0,46	92,62	28,44	17057,35	121,06
m02+c0302s03	Tipo a, 5 cm	0,37	90,39	28,21	16710,74	118,60
m02+c0302s04	Tipo a, 7 cm	0,31	88,59	27,98	16424,71	116,57
m02+c0302s05	Tipo a, 9 cm	0,27	87,72	27,91	16292,27	115,63
m02+c0302s06	Tipo a, 11 cm	0,237	86,87	27,82	16159,82	114,69
m02+c0302s07	Tipo a, 13 cm	0,211	85,95	27,68	16010,47	113,63
m02+c0302s08	Tipo a, 14 cm intermedia	0,2	85,66	27,64	15963,97	113,30
m02+c0302s09	Tipo a, 14 cm clara	0,2	86,33	27,16	15990,74	113,49
m02+c0302s10	Tipo a, 14 cm oscura	0,2	85,01	28,13	15941,43	113,14
m02+c0302s11	Tipo a, 20 cm	0,15	84,83	27,5	15827,30	112,33
m02+c0302s12	Tipo a, 26 cm	0,12	83,68	27,4	15651,17	111,08
m02+c0302s13	Tipo b vegetal, 13,5 cm	0,2	85,83	27,78	16007,65	113,61
m02+c0302s14	Tipo b vegetal intensiva, 12 cm	0,2	85,8	27,66	15986,51	113,46
m02+c0302s15	Tipo c, 14 cm	0,22	86,12	27,2	15966,79	113,32
m02+c0302s16	Tipo c, 20 cm	0,19	84,8	27,64	15842,80	112,44

Tabla 11.40. Simulaciones de Paramentos horizontales - Comprobación inercia – m02+c0306

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (w/m ² k)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m02+c0306s01	Inercia forjado - Ais ext	0,2	85,66	27,64	15963,97	113,30
m02+c0306s02	Inercia forjado - Ais int junto a forjado	0,2	87,23	28,91	16364,13	116,14
m02+c0306s03	Inercia forjado - Ais int junto a falso techo	0,2	87,21	28,85	16352,85	116,06

Tabla 11.41. Simulaciones de Huecos acristalados - Vidrios – m02+c0401

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Factor solar	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (w/m ² k)		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
	MISA	Uvidrio	Fs	99,06	28,92	18032,38	127,98
m02+c0401as01	Vidrio simple	5,7	0,83	99,99	28	18033,79	127,99
m02+c0401as02	Tipo a, 4/6/4	3,3	0,77	97,05	26,55	17415,24	123,60
m02+c0401as03	Tipo a, 6/6/8	3,2	0,74	97,48	25,95	17391,29	123,43
m02+c0401as04	Tipo a, 8/8/10	3	0,71	97,72	25,35	17340,56	123,07
m02+c0401as05	Tipo a, 10/10/12	2,8	0,69	97,74	24,94	17285,61	122,68
m02+c0401as06	Tipo a, 10/10/12 + argón	2,7	0,69	97,54	24,93	17256,02	122,47
m02+c0401as07	Tipo a, 12/14/12 + argón	2,5	0,67	97,54	24,53	17199,66	122,07
m02+c0401as08	Tipo a, 12/20/12 + argón	2,6	0,71	96,9	25,32	17220,80	122,22

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Factor solar	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (w/m ² k)		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m02+c0401bs01	Tipo b, 4/6/6	2,5	0,41	102,55	20,03	17271,52	122,58
m02+c0401bs02	Tipo b, 6/8/6	2,1	0,4	101,88	19,84	17150,35	121,72
m02+c0401bs03	Tipo b, 8/10/6	1,8	0,39	101,4	19,66	17057,35	121,06
m02+c0401bs04	Tipo b, 8/12/6	1,6	0,39	100,92	19,66	16989,72	120,58
m02+c0401bs05	Tipo b, 8/16/6	1,4	0,39	100,38	19,7	16919,27	120,08
m02+c0401bs06	Tipo b, 8/10/6 + argón	1,4	0,39	100,38	19,7	16919,27	120,08
m02+c0401bs07	Tipo b, 8/16/6 + argón int azul	1,1	0,38	99,74	19,61	16816,42	119,35
m02+c0401bs08	Tipo b, 8/16/4 + argón int gris	1,1	0,44	99,08	20,27	16816,42	119,35
m02+c0401bs09	Tipo b, 8/16/6 + argón int gris	1,1	0,36	99,79	19,5	16807,96	119,29
m02+c0401bs10	Tipo b, 8/16/4 + argón int verde	1,1	0,45	98,93	20,41	16815,01	119,34
m02+c0401bs11	Tipo b, 8/16/6 + argón int verde	1,1	0,36	99,79	19,5	16807,96	119,29
m02+c0401cs01	Tipo c, 5/6/4	3,3	0,54	101,79	22,21	17471,60	124,00
m02+c0401cs02	Tipo c, 8/10/5	2,5	0,24	105,08	17,8	17313,79	122,88
m02+c0401cs03	Tipo c, 8/10/6 + argón	2,2	0,23	104,61	17,63	17223,62	122,24
m02+c0401cs04	Tipo c, 8/16/6 + argón	2	0,23	104,16	17,62	17158,80	121,78
m02+c0401cs05	Tipo c, 8/20/12 + argón	2	0,22	104,36	17,46	17164,44	121,82
m02+c0401ds01	Tipo b y c, 6/6/4	2,5	0,22	105,47	17,49	17325,06	122,96
m02+c0401ds02	Tipo b y c, 8/10/6 + argón	1,4	0,19	103,58	16,96	16984,09	120,54
m02+c0401ds03	Tipo b y c, 8/16/6 + argón	1,1	0,18	103,07	16,79	16888,27	119,86
m02+c0401es01	Tipo d, 6/14/4/14/4 + argón	0,6	0,53	96,25	21,73	16623,38	117,98
m02+c0401es02	Tipo d, 6/14/4/14/4+4 + argón	0,6	0,26	100,3	18,01	16669,88	118,31

Tabla 11.42. Simulaciones de Huecos acristalados - Marcos – m02+c0401

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Factor solar	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (w/m ² k)		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m02+c0401fs01	Aluminio sin rotura PT	5,7	0,6	99,06	28,92	18032,38	127,98
m02+c0401fs02	Aluminio con rotura PT	4	0,6	97,64	28,93	17833,71	126,57
m02+c0401fs03	Aluminio madera RTP	1,1	0,6	97,4	28,93	17799,90	126,33
m02+c0401fs04	Cor 60	0,9	0,6	97,39	28,93	17798,49	126,32
m02+c0401fs05	Cor 70 CC	0,7	0,6	97,38	28,93	17797,08	126,31
m02+c0401fs06	Acero	5,7	0,6	99,06	28,92	18032,38	127,98
m02+c0401fs07	PVC	1,3	0,4	97,33	28,99	17798,49	126,32
m02+c0401fs08	Madera Iroko / Roble	1,38	0,8	97,48	28,86	17801,31	126,34
m02+c0401fs09	Madera Pino	1,13	0,8	97,47	28,86	17799,90	126,33
m02+c0401gs01	Mejora Puertas			99,06	28,92	18032,38	127,98
m02+c0401gs02	Mejora infiltraciones huecos			99,06	28,92	18032,38	127,98

Tabla 11.43. Simulaciones de Huecos acristalados - Sombreado – m02+c0402

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
	MISA + orientación 0°	89,29	20,06	15407,42	109,35
m02+c0402s01	0,3 m	90,92	18,61	15432,78	109,53
m02+c0402s02	0,5 m	92,45	17,86	15542,68	110,31
m02+c0402s03	1 m + 0,75 m	94,47	17,23	15738,53	111,70
m02+c0402s04	0,8 m + 0,6 m	93,51	17,49	15639,90	111,00

METODOLOGÍA DE DISEÑO Y ANÁLISIS DE SOLUCIONES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA CONSECUCCIÓN DE EDIFICIOS DE CONSUMO CASI NULO (NZEB)

Tabla 11.44. Simulaciones de Huecos acristalados - Protecciones – m02+c0403

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Factor solar	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		U _m (w/m ² k)		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
	MISA + orientación 0°			89,29	20,06	15407,42	109,35
m02+c0403s01	Contraventana de madera	0,12	0,05	89,33	12,05	14284,44	101,38
m02+c0403s02	Persiana plástica clara	0,12	0,04	89,33	11,96	14271,76	101,29
m02+c0403s03	Persiana veneciana lamas metálicas	0	0,09	89,33	12,8	14390,12	102,13
m02+c0403s04	Lona opaca	0	0,04	89,33	12,65	14368,98	101,98

Tabla 11.45. Simulaciones de Definición de recintos – m02+c06

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m02+c06s01	Ren 0,63	99,06	28,92	18032,38	127,98
m02+c06s02	Ren 0,3 Passivhaus	88,73	28,07	16457,12	116,80

Tabla 11.46. Simulaciones de Rendimiento de las instalaciones de ventilación – m02+c07

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
	MISA + Free cooling	99,06	28,92	18032,38	127,98
m02+c07s01	Rend 30%	93,21	28,43	17139,08	121,64
m02+c07s02	Rend 50%	89,32	28,11	16545,89	117,43
m02+c07s03	Rend 70%	85,46	27,78	15955,52	113,24
m02+c07s04	Rend 80%	83,53	27,62	15661,04	111,15
m02+c07s05	Rend 90%	81,61	27,45	15366,55	109,06
m02+c07s06	Rend 95%	80,65	27,37	15220,02	108,02

11.1.4. Fase ALFA del modelo 03

Tabla 11.47. Simulaciones base – m03c0M

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m03c0MISAs01	MISA CMEP	162,20	64,60	96621,34	226,80
m03c0MISAE+s01	MISA E+ Simplificada	179,59	57,70	101090,29	237,29
m03c0MISAE+s02	MISA E+ Completa	178,86	58,01	100911,36	236,87
m03c0MI013s01	MI HE 2013 según normativa			74510,90	174,90
m03c0MI13s01	MI HE 2013 CMEP	14,80	27,60	18063,25	42,40
m03c0MI13E+s01	MI HE 2013 E+ Simplificada	7,70	12,29	8516,14	19,99
m03c0MI13E+s02	MI HE 2013 E+ Completa	7,67	12,31	8511,88	19,98

Tabla 11.48. Simulaciones de Orientación – m03c01

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m03c01s01	Simulación a 0°	174,95	52,03	96698,02	226,98
m03c01s02	Simulación a 15°	174,79	52,58	96864,17	227,37
m03c01s03	Simulación a 30°	175,53	54,04	97801,41	229,57

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m03c01s04	Simulación a 45°	176,50	55,80	98964,45	232,30
m03c01s05	Simulación a 60°	177,54	57,14	99978,37	234,68
m03c01s06	Simulación a 75°	178,56	57,77	100681,31	236,33
m03c01s07	Simulación a 90°	179,59	57,70	101090,29	237,29
m03c01s08	Simulación a 105°	180,73	57,20	101362,94	237,93
m03c01s09	Simulación a 120°	182,05	56,39	101580,21	238,44
m03c01s10	Simulación a 135°	183,30	55,26	101631,33	238,56
m03c01s11	Simulación a 150°	184,33	53,76	101431,10	238,09
m03c01s12	Simulación a 165°	185,16	52,07	101064,72	237,23
m03c01s13	Simulación a 180°	185,84	50,62	100736,69	236,46
m03c01s14	Simulación a 195°	186,36	49,88	100642,96	236,24
m03c01s15	Simulación a 210°	186,89	50,05	100941,18	236,94
m03c01s16	Simulación a 225°	186,91	50,60	101184,01	237,51
m03c01s17	Simulación a 240°	186,26	51,26	101188,27	237,52
m03c01s18	Simulación a 255°	184,95	51,83	100873,02	236,78
m03c01s19	Simulación a 270°	183,29	52,26	100349,01	235,55
m03c01s20	Simulación a 285°	181,43	52,62	99709,98	234,05
m03c01s21	Simulación a 300°	179,80	52,92	99143,37	232,72
m03c01s22	Simulación a 315°	178,24	52,98	98504,34	231,22
m03c01s23	Simulación a 330°	176,82	52,72	97788,63	229,54
m03c01s24	Simulación a 345°	175,65	52,27	97098,48	227,92
m03c01s25	Simulación ajustada a 5°	174,87	52,12	96702,28	226,99
m03c01s26	Simulación ajustada a 10°	174,87	52,31	96783,22	227,18
m03c01s27	Simulación ajustada a 355°	175,13	52,05	96783,22	227,18
m03c01s28	Simulación ajustada a 350°	175,36	52,15	96923,81	227,51
m03c01s29	Simulación ajustada a 6°	174,87	52,15	96715,06	227,02
m03c01s30	Simulación ajustada a 7°	174,86	52,19	96727,84	227,05
m03c01s31	Simulación ajustada a 8°	174,86	52,22	96740,62	227,08
m03c01s32	Simulación ajustada a 9°	174,86	52,27	96761,92	227,13
m03c01s33	Simulación ajustada a 4°	174,89	52,10	96702,28	226,99
m03c01s34	Simulación ajustada a 3°	174,90	52,08	96698,02	226,98
m03c01s35	Simulación ajustada a 2°	174,93	52,06	96702,28	226,99
m03c01s36	Simulación ajustada a 1°	174,93	52,05	96698,02	226,98

Tabla 11.49. Simulaciones de Paramentos verticales - Fachadas – m03c0201

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (w/m2k)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
	MISA	2,92	179,59	57,70	101090,29	237,29
m03c0201as01	Tipo a, 0 cm	1,69	168,14	52,91	94171,72	221,05
m03c0201as02	Tipo a, 1,5 cm	1	160,53	51,55	90350,32	212,08
m03c0201as03	Tipo a, 3 cm	0,71	157,22	51,07	88735,71	208,29
m03c0201as04	Tipo a, 4,5 cm	0,55	155,37	50,82	87841,06	206,19
m03c0201as05	Tipo a, 6 cm	0,45	154,20	50,65	87270,20	204,85
m03c0201as06	Tipo a, 7 cm	0,4	153,63	50,57	86993,28	204,20
m03c0201as07	Tipo a, 10 cm	0,3	152,49	50,39	86430,94	202,88
m03c0201as08	Tipo a, 10 + 5 cm	0,22	151,61	50,20	85975,10	201,81
m03c0201as09	Tipo a, 10 + 6 cm	0,21	151,46	50,16	85894,15	201,62
m03c0201as10	Tipo a, 10 + 8 cm	0,19	151,22	50,11	85770,61	201,33
m03c0201as11	Tipo a, 10 + 12 cm	0,16	150,87	50,02	85583,16	200,89
m03c0201as12	Tipo a, 10 + 16 cm	0,13	150,60	49,97	85446,83	200,57
m03c0201bs01	Tipo b, 0 cm	2,35	176,06	50,60	96561,69	226,66
m03c0201bs02	Tipo b, 1,5 cm	1,15	166,62	47,21	91095,86	213,83
m03c0201bs03	Tipo b, 3 cm	0,76	162,89	46,56	89229,89	209,45

**METODOLOGÍA DE DISEÑO Y ANÁLISIS DE SOLUCIONES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA
PARA LA CONSECUCCIÓN DE EDIFICIOS DE CONSUMO CASI NULO (NZEB)**

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (w/m ² k)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m03c0201bs04	Tipo b, 6 cm	0,46	159,67	46,14	87679,18	205,81
m03c0201bs05	Tipo b, 8 cm	0,36	158,60	46,02	87172,21	204,62
m03c0201bs06	Tipo b, 8 cm + tras 2 cm	0,29	152,90	49,26	86124,20	202,16
m03c0201bs07	Tipo b, 8 cm + tras 4 cm	0,25	151,60	49,88	85834,51	201,48
m03c0201bs08	Tipo b, 8 cm + tras 6 cm	0,22	150,95	50,13	85664,10	201,08
m03c0201bs09	Tipo b, 10 cm + tras 6 cm	0,19	150,67	50,13	85544,82	200,80
m03c0201cs01	Tipo c, 0 cm	2,87	179,50	57,12	100804,85	236,62
m03c0201cs02	Tipo c, 1,5 cm	1,31	168,27	48,19	92216,29	216,46
m03c0201cs03	Tipo c, 3 cm	0,85	163,77	47,02	89800,76	210,79
m03c0201cs04	Tipo c, 5 cm	0,58	160,92	46,46	88348,03	207,38
m03c0201cs05	Tipo c, 6 cm	0,5	160,06	46,30	87913,49	206,36
m03c0201cs06	Tipo c, 8 cm	0,39	158,87	46,10	87321,32	204,97
m03c0201cs07	Tipo c, 10 cm	0,32	158,08	45,97	86929,38	204,05
m03c0201cs08	Tipo c, 12 cm	0,27	157,52	45,89	86656,73	203,41
m03c0201cs09	Tipo c, 14 cm	0,24	157,09	45,85	86456,50	202,94
m03c0201cs10	Tipo c, 16 cm	0,21	156,75	45,84	86307,39	202,59
m03c0201cs11	Tipo c, 18 cm	0,19	156,47	45,84	86188,11	202,31
m03c0201cs12	Tipo c, 20 cm	0,17	156,25	45,85	86098,64	202,10
m03c0201cs20	Tipo c, 23 cm	0,1484	155,95	45,9	85992,14	201,85
m03c0201cs21	Tipo c, 26 cm	0,1321	155,9	45,95	85992,14	201,85
m03c0201cs22	Tipo c, 30 cm	0,1152	155,67	46	85915,45	201,67
m03c0201cs13	Tipo c, 16 cm + tras 3 cm	0,175	151,03	49,68	85506,47	200,71
m03c0201cs14	Tipo c, 20 cm + tras 3 cm	0,15	150,70	49,70	85374,41	200,40
m03c0201cs15	Tipo c, 20 cm + tras 5 cm	0,1349	150,30	50,03	85344,59	200,33
m03c0201cs16	Tipo c, 20 cm + tras 6 cm	0,1297	150,13	50,13	85314,77	200,26
m03c0201cs17	Tipo c, 20 cm + tras 8 cm	0,1205	149,92	50,24	85272,16	200,16
m03c0201cs18	Tipo c, 20 cm + tras 10 cm	0,1126	149,66	50,31	85191,22	199,97
m03c0201cs19	Tipo c, 20 cm + tras 12 cm	0,1056	149,55	50,36	85165,66	199,91

Tabla 11.50. Simulaciones de Paramentos verticales - Comprobación inercia – m03+c0202

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (w/m ² k)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m03c0202s01	Inercia muro - Ais ext	0,1694	156,25	45,85	86098,64	202,10
m03c0202s02	Inercia muro - Ais int	0,1694	150,98	49,76	85519,25	200,74

Tabla 11.51. Simulaciones de Paramentos verticales - Tabiques – m03c0204

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (w/m ² k)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
MISA		2,63	179,59	57,70	101090,29	237,29
m03c0204s01	Tipo a, 1,5 cm	1,24	179,19	57,93	101017,86	237,12
m03c0204s02	Tipo a, 3 cm	0,8	179,17	57,95	101017,86	237,12
m03c0204s03	Tipo a, 4 cm	0,65	179,17	57,95	101017,86	237,12
m03c0204s04	Tipo a, 6 cm	0,48	179,2	57,93	101022,12	237,13
m03c0204s05	Tipo a, 8 cm	0,38	179,24	57,90	101026,38	237,14
m03c0204s06	Tipo b, 8 cm	0,35	180,99	56,74	101277,73	237,73
m03c0204s07	Tipo b, 12 cm	0,25	181,05	56,68	101277,73	237,73



Tabla 11.52. Simulaciones de Paramentos verticales - Tabiques en contacto con zonas no habitables – m03c0205

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (w/m2k)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
	MISA		179,59	57,7	101090,29	237,29
m03c0205s01	MISA + Tipo α, 1,5 cm	1,23	179,52	57,75	101081,77	237,27
m03c0205s02	MISA + Tipo α, 4 cm	0,66	179,52	57,75	101081,77	237,27
m03c0205s03	MISA + Tipo α, 8 cm	0,38	179,53	57,74	101081,77	237,27
m03c0205s04	m03c0204s02 + Tipo α, 1,5 cm	1,23	179,17	57,95	101017,86	237,12
m03c0205s05	m03c0204s02 + Tipo α, 4 cm	0,66	179,17	57,95	101017,86	237,12
m03c0205s06	m03c0204s02 + Tipo α, 8 cm	0,38	179,19	57,94	101022,12	237,13
m03c0205s07	m03c0204s02 + Tipo α, 12 cm	0,26	179,21	57,92	101022,12	237,13

Tabla 11.53. Simulaciones de Paramentos horizontales en contacto con el terreno– m03c0301

Código de simulación	Descripción breve	Resistencia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Rm (m ² k / w)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
	MISA		179,59	57,70	101090,29	237,29
m03c0301as01	Solera básica	0,13	180,04	56,63	100826,15	236,67
m03c0301as02	Solera 3 cm	0,96	179,69	57,72	101141,41	237,41
m03c0301as03	Solera 5 cm	1,52	179,57	58,8	101550,39	238,37
m03c0301as04	Solera 7 cm	2,08	179,48	58,33	101311,82	237,81
m03c0301as05	Solera 10 cm	2,91	179,38	58,61	101388,50	237,99
m03c0301as06	Solera 15 cm	4,3	179,25	58,93	101469,44	238,18
m03c0301as07	Solera 15 cm + 3 cm	4,3*	179,21	58,99	101477,96	238,20
m03c0301as08	Solera 15 cm + 6 cm	4,3*	179,18	59,03	101482,22	238,21
m03c0301as09	Solera 15 cm + 10 cm	4,3*	179,16	59,07	101490,74	238,23

Tabla 11.54. Simulaciones de Paramentos horizontales – Cubierta plana – m03c0302

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (w/m2k)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
	MISA	0,72	179,59	57,70	101090,29	237,29
m03c0302s01	Tipo α, 1,5 cm	0,56	177,92	57,62	100344,75	235,54
m03c0302s02	Tipo α, 3 cm	0,46	176,89	57,38	99803,71	234,27
m03c0302s03	Tipo α, 5 cm	0,37	176,13	57,12	99369,17	233,25
m03c0302s04	Tipo α, 7 cm	0,31	175,35	56,94	98960,19	232,29
m03c0302s05	Tipo α, 9 cm	0,27	175,02	56,84	98777,00	231,86
m03c0302s06	Tipo α, 11 cm	0,237	174,67	56,74	98585,29	231,41
m03c0302s07	Tipo α, 13 cm	0,211	174,25	56,65	98368,02	230,90
m03c0302s08	Tipo α, 14 cm intermedia	0,2	174,13	56,62	98304,12	230,75
m03c0302s09	Tipo α, 14 cm clara	0,2	174,61	56,15	98308,38	230,76
m03c0302s10	Tipo α, 14 cm oscura	0,2	173,65	57,09	98299,85	230,74
m03c0302s11	Tipo α, 20 cm	0,15	173,61	56,48	98022,94	230,09
m03c0302s12	Tipo α, 26 cm	0,12	173,29	56,38	97844,01	229,67

Tabla 11.55. Simulaciones de Paramentos horizontales - Comprobación inercia – m03c0306

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (w/m2k)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m03c0306s01	Inercia forjado - Ais ext	0,25	174,83	56,79	98674,75	231,62
m03c0306s02	Inercia forjado - Ais int junto a forjado	0,25	172,96	59,48	99024,09	232,44

**METODOLOGÍA DE DISEÑO Y ANÁLISIS DE SOLUCIONES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA
PARA LA CONSECUCCIÓN DE EDIFICIOS DE CONSUMO CASI NULO (NZEB)**

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (w/m ² k)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m03c0306s03	Inercia forjado - Ais int junto a falso techo	0,25	173,15	59,34	99045,39	232,49

Tabla 11.56. Simulaciones de Huecos acristalados - Vidrios – m03c0401

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (w/m ² k)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
	MISA	Uvidrio	179,59	57,70	101090,29	237,29
m03c0401as01	Vidrio simple	5,7	180,55	56,72	101081,77	237,27
m03c0401as02	Tipo a, 4/6/4	3,3	179,64	54,93	99931,51	234,57
m03c0401as03	Tipo a, 6/6/8	3,2	180,18	54,26	99876,13	234,44
m03c0401as04	Tipo a, 8/8/10	3	180,62	53,27	99641,82	233,89
m03c0401as05	Tipo a, 10/10/12	2,8	180,85	53,09	99663,12	233,94
m03c0401as06	Tipo a, 10/10/12 + argón	2,7	180,74	53,07	99607,74	233,81
m03c0401as07	Tipo a, 12/14/12 + argón	2,5	180,95	52,62	99505,49	233,57
m03c0401as08	Tipo a, 12/20/12 + argón	2,6	180,18	53,51	99556,61	233,69
m03c0401bs01	Tipo b, 4/6/6	2,5	186,12	47,79	99650,34	233,91
m03c0401bs02	Tipo b, 6/8/6	2,1	185,86	47,56	99441,59	233,42
m03c0401bs03	Tipo b, 8/10/6	1,8	185,69	47,35	99279,70	233,04
m03c0401bs04	Tipo b, 8/12/6	1,6	185,43	47,34	99164,68	232,77
m03c0401bs05	Tipo b, 8/16/6	1,4	185,09	47,39	99041,13	232,48
m03c0401bs06	Tipo b, 8/10/6 + argón	1,4	185,09	47,39	99041,13	232,48
m03c0401bs07	Tipo b, 8/16/6 + argón int azul	1,1	184,78	47,31	98874,98	232,09
m03c0401bs08	Tipo b, 8/16/4 + argón int gris	1,1	184,08	47,92	98836,64	232,00
m03c0401bs09	Tipo b, 8/16/6 + argón int gris	1,1	184,85	47,28	98892,02	232,13
m03c0401bs10	Tipo b, 8/16/4 + argón int verde	1,1	183,94	48,05	98832,38	231,99
m03c0401bs11	Tipo b, 8/16/6 + argón int verde	1,1	184,85	47,28	98892,02	232,13
m03c0401cs01	Tipo c, 5/6/4	3,3	184,52	50,16	99978,37	234,68
m03c0401cs02	Tipo c, 8/10/5	2,5	188,72	45,58	99816,49	234,30
m03c0401cs03	Tipo c, 8/10/6 + argón	2,2	188,57	45,37	99663,12	233,94
m03c0401cs04	Tipo c, 8/16/6 + argón	2	188,33	45,35	99552,35	233,68
m03c0401cs05	Tipo c, 8/20/12 + argón	2	188,53	45,18	99565,13	233,71
m03c0401ds01	Tipo b y c, 6/6/4	2,5	189,12	45,24	99842,05	234,36
m03c0401ds02	Tipo b y c, 8/10/6 + argón	1,4	188,39	44,59	99254,14	232,98
m03c0401ds03	Tipo b y c, 8/16/6 + argón	1,1	188,21	44,38	99087,99	232,59
m03c0401es01	Tipo d, 6/14/4/14/4 + argón	0,6	181,74	49,38	98461,74	231,12
m03c0401es02	Tipo d, 6/14/4/14/4+4 + argón	0,6	185,96	45,68	98683,27	231,64

Tabla 11.57. Simulaciones de Huecos acristalados - Marcos – m03c0401

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (w/m ² k)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m03c0401fs01	Aluminio sin rotura PT	5,7	179,59	57,70	101090,29	237,29
m03c0401fs02	Aluminio con rotura PT	4	178,58	57,64	100634,44	236,22
m03c0401fs03	Aluminio madera RTP	1,1	178,07	57,62	100408,65	235,69
m03c0401fs04	Cor 60	0,9	178,03	57,62	100391,61	235,65
m03c0401fs05	Cor 70 CC	0,7	178	57,62	100378,83	235,62
m03c0401fs06	Acero	5,7	179,59	57,70	101090,29	237,29
m03c0401fs07	PVC	1,3	177,78	57,73	100331,97	235,51
m03c0401fs08	Madera Iroko / Roble	1,38	177,97	57,5	100314,93	235,47



Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (w/m ² k)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m03c0401fs09	Madera Pino	1,13	177,96	57,5	100310,67	235,46

Tabla 11.58. Simulaciones de Huecos acristalados - Sombreado – m03c0402

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (w/m ² k)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
	MISA + orientación 0°		174,95	52,03	96698,02	226,98
m03c0402s01	0,3 m		177,09	48,81	96237,92	225,90
m03c0402s02	0,5 m		179,76	47,3	96732,10	227,06
m03c0402s03	0,2 m		175,92	50,02	96254,96	225,94
m03c0402s04	0,15 m		175,5	50,72	96374,24	226,22
m03c0402s05	0,1 m		175,19	51,39	96527,61	226,58

Tabla 11.59. Simulaciones de Huecos acristalados - Protecciones – m03c0403

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (w/m ² k)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
	MISA + orientación 0°		174,95	52,03	96698,02	226,98
m03c0403s01	Contraventana de madera		174,96	42,72	92736,03	217,68
m03c0403s02	Persiana plástica clara		174,96	42,61	92689,17	217,57
m03c0403s03	Persiana veneciana lamas metálicas		174,96	44,41	93456,01	219,37
m03c0403s04	Lona opaca		174,96	43,59	93106,67	218,55

Tabla 11.60. Simulaciones de Definición de recintos – m03c06

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (w/m ² k)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
	MISA		179,59	57,70	101090,29	237,29
m03c06s01	Perfil de uso - Sin agosto		179,59	38,54	92927,74	218,13
m03c06s02	Ren a la mitad		154,04	52,35	87926,27	206,39
m03c06s03	Ren a un cuarto		146,56	50,79	84075,05	197,35
m03c06s04	Ren 0,6 Passivhaus		145,14	50,5	83346,55	195,64

Tabla 11.61. Simulaciones de Rendimiento de las instalaciones de ventilación – m03c07

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (w/m ² k)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
	MISA		179,59	57,70	101090,29	237,29
m03c07s01	Infiltraciones 3 ren		169,95	55,70	96131,41	225,65
m03c07s02	Infiltraciones 2 ren		152,89	52,34	87432,08	205,23
m03c07s03	Infiltraciones 1 ren		139,86	50,14	80943,80	190,00
m03c07s04	Infiltraciones calculadas		133,82	49,55	78119,29	183,37
m03c07s05	Rend 30%		108,28	44,42	65053,25	152,70
m03c07s06	Rend 50%		91,46	41,15	56494,51	132,61
m03c07s07	Rend 70%		75,03	38,08	48187,12	113,11
m03c07s08	Rend 80%		67,21	36,67	44254,96	103,88
m03c07s09	Rend 90%		60,69	35,47	40966,08	96,16
m03c07s10	Rend 95%		58,57	35,04	39879,73	93,61

11.1.5. Fase ALFA del modelo 04

Tabla 11.62. Simulaciones base – m04c0M

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	(kWh / año)	kWh / (m ² ·año)
m04c0MISAs01	MISA CMEP	119,50	35,60	93868,07	155,10
m04c0MISAE+s02	MISA E+ Simplificada	91,34	36,73	77509,24	128,07
m04c0MISAE+s03	MISA E+ Completa	90,57	36,91	77152,17	127,48
m04c0MI013s01	MI HE 2013 según normativa			65786,33	108,70
m04c0MI13s01	MI HE 2013 CMEP	5,20	26,70	19306,20	31,90
m04c0MI13E+s01	MI HE 2013 E+ Simplificada	0,25	23,77	14537,14	24,02
m04c0MI13E+s02	MI HE 2013 E+ Completa	0,25	23,77	14537,14	24,02

Tabla 11.63. Simulaciones de Orientación – m04c01

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	(kWh / año)	kWh / (m ² ·año)
m04c01s01	Simulación a 0°	88,36	28,99	71021,39	117,35
m04c01s02	Simulación a 15°	89,12	29,97	72074,46	119,09
m04c01s03	Simulación a 30°	89,94	31,99	73793,26	121,93
m04c01s04	Simulación a 45°	90,68	34,16	75554,42	124,84
m04c01s05	Simulación a 60°	91,11	35,87	76849,57	126,98
m04c01s06	Simulación a 75°	91,26	36,88	77551,61	128,14
m04c01s07	Simulación a 90°	91,15	37,21	77684,76	128,36
m04c01s08	Simulación a 105°	91,19	36,77	77442,67	127,96
m04c01s09	Simulación a 120°	91,00	35,54	76583,27	126,54
m04c01s10	Simulación a 135°	90,66	33,59	75197,34	124,25
m04c01s11	Simulación a 150°	90,23	31,18	73478,55	121,41
m04c01s12	Simulación a 165°	89,93	29,11	72044,20	119,04
m04c01s13	Simulación a 180°	89,76	28,16	71366,36	117,92
m04c01s14	Simulación a 195°	90,56	29,02	72371,01	119,58
m04c01s15	Simulación a 210°	91,31	30,99	74017,18	122,30
m04c01s16	Simulación a 225°	91,89	33,23	75723,88	125,12
m04c01s17	Simulación a 240°	92,05	35,07	76934,30	127,12
m04c01s18	Simulación a 255°	91,85	36,24	77521,35	128,09
m04c01s19	Simulación a 270°	91,34	36,73	77509,24	128,07
m04c01s20	Simulación a 285°	91,04	36,52	77200,59	127,56
m04c01s21	Simulación a 300°	90,50	35,52	76268,56	126,02
m04c01s22	Simulación a 315°	89,84	33,82	74840,27	123,66
m04c01s23	Simulación a 330°	89,11	31,69	73109,37	120,80
m04c01s24	Simulación a 345°	88,63	29,79	71668,97	118,42
m04c01s25	Simulación ajustada a 5°	88,47	29,10	71154,54	117,57
m04c01s26	Simulación ajustada a 10°	88,64	29,41	71445,04	118,05
m04c01s27	Simulación ajustada a 35°	88,58	29,14	71245,32	117,72
m04c01s28	Simulación ajustada a 350°	88,58	29,38	71390,57	117,96
m04c01s29	Simulación ajustada a 1°	88,37	28,99	71027,45	117,36
m04c01s30	Simulación ajustada a 2°	88,40	29,01	71057,71	117,41
m04c01s31	Simulación ajustada a 3°	88,42	29,03	71081,91	117,45
m04c01s32	Simulación ajustada a 4°	88,45	29,06	71118,23	117,51
m04c01s33	Simulación ajustada a 359°	88,62	29,08	71233,22	117,70
m04c01s34	Simulación ajustada a 358°	88,60	29,08	71221,11	117,68
m04c01s35	Simulación ajustada a 357°	88,60	29,09	71227,16	117,69
m04c01s36	Simulación ajustada a 356°	88,59	29,11	71233,22	117,70



Tabla 11.64. Simulaciones de Paramentos verticales - Fachadas – m04c0201

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		U _m (W/m ² k)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	(kWh / año)	kWh / (m ² ·año)
	MISA	2,92	91,34	36,73	77509,24	128,07
m04c0201as01	Tipo a, 0 cm	2,43	85,91	35,07	73218,31	120,98
m04c0201as02	Tipo a, 1,5 cm	1,23	69,27	33,60	62257,95	102,87
m04c0201as03	Tipo a, 3 cm	0,82	62,95	33,45	58342,24	96,40
m04c0201as04	Tipo a, 4,5 cm	0,61	59,61	33,46	56326,89	93,07
m04c0201as05	Tipo a, 6 cm	0,49	57,55	33,49	55098,32	91,04
m04c0201as06	Tipo a, 7 cm	0,43	56,56	33,51	54511,26	90,07
m04c0201as07	Tipo a, 10 cm	0,32	54,59	33,58	53361,37	88,17
m04c0201as08	Tipo a, 10 + 5 cm	0,22	52,85	33,68	52368,82	86,53
m04c0201as09	Tipo a, 10 + 6 cm	0,21	52,62	33,70	52241,73	86,32
m04c0201as10	Tipo a, 10 + 8 cm	0,19	52,22	33,74	52023,85	85,96
m04c0201as11	Tipo a, 10 + 12 cm	0,16	51,62	33,81	51703,09	85,43
m04c0201as12	Tipo a, 10 + 16 cm	0,13	51,17	33,88	51473,11	85,05
m04c0201bs01	Tipo b, 0 cm	2,35	83,50	32,37	70125,68	115,87
m04c0201bs02	Tipo b, 1,5 cm	1,15	68,33	32,03	60738,88	100,36
m04c0201bs03	Tipo b, 3 cm	0,76	62,52	32,27	57367,86	94,79
m04c0201bs04	Tipo b, 6 cm	0,46	57,51	32,61	54541,53	90,12
m04c0201bs05	Tipo b, 8 cm	0,36	55,85	32,76	53627,66	88,61
m04c0201bs06	Tipo b, 8 cm + tras 2 cm	0,29	54,08	33,27	52865,09	87,35
m04c0201bs07	Tipo b, 8 cm + tras 4 cm	0,25	53,24	33,44	52459,60	86,68
m04c0201bs08	Tipo b, 8 cm + tras 6 cm	0,22	52,65	33,55	52169,10	86,20
m04c0201bs09	Tipo b, 10 cm + tras 6 cm	0,19	52,19	33,62	51933,07	85,81
m04c0201cs01	Tipo c, 0 cm	2,87	90,95	36,42	77085,60	127,37
m04c0201cs02	Tipo c, 1,5 cm	1,31	71,16	32,91	62984,20	104,07
m04c0201cs03	Tipo c, 3 cm	0,85	64,05	32,79	58608,54	96,84
m04c0201cs04	Tipo c, 5 cm	0,58	59,58	32,85	55939,56	92,43
m04c0201cs05	Tipo c, 6 cm	0,5	58,22	32,88	55134,63	91,10
m04c0201cs06	Tipo c, 8 cm	0,39	56,34	32,95	54039,20	89,29
m04c0201cs07	Tipo c, 10 cm	0,32	55,10	33,01	53325,05	88,11
m04c0201cs08	Tipo c, 12 cm	0,27	54,22	33,07	52828,78	87,29
m04c0201cs09	Tipo c, 14 cm	0,24	53,55	33,13	52459,60	86,68
m04c0201cs10	Tipo c, 16 cm	0,21	53,04	33,19	52187,26	86,23
m04c0201cs11	Tipo c, 18 cm	0,19	52,62	33,25	51969,38	85,87
m04c0201cs12	Tipo c, 20 cm	0,17	52,30	33,28	51793,87	85,58
m04c0201cs20	Tipo c, 23 cm	0,1484	51,87	33,39	51600,20	85,26
m04c0201cs21	Tipo c, 26 cm	0,1321	51,59	33,48	51485,21	85,07
m04c0201cs22	Tipo c, 30 cm	0,1152	51,25	33,57	51333,91	84,82
m04c0201cs13	Tipo c, 16 cm + tras 3 cm	0,175	51,85	33,74	51799,92	85,59
m04c0201cs14	Tipo c, 20 cm + tras 3 cm	0,15	51,31	33,83	51527,58	85,14
m04c0201cs15	Tipo c, 20 cm + tras 5 cm	0,1349	51,10	33,89	51436,80	84,99
m04c0201cs16	Tipo c, 20 cm + tras 6 cm	0,1297	50,99	33,93	51394,43	84,92
m04c0201cs17	Tipo c, 20 cm + tras 8 cm	0,1205	50,80	33,98	51309,70	84,78
m04c0201cs18	Tipo c, 20 cm + tras 10 cm	0,1126	50,64	33,97	51206,82	84,61
m04c0201cs19	Tipo c, 20 cm + tras 12 cm	0,1056	50,48	34,05	51158,40	84,53

Tabla 11.65. Simulaciones de Paramentos verticales - Comprobación inercia – m04c0202

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		U _m (W/m ² k)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	(kWh / año)	kWh / (m ² ·año)
m04c0202s01	Inercia muro - Ais ext	0,1694	52,30	33,28	51793,87	85,58
m04c0202s02	Inercia muro - Ais int	0,1694	51,82	33,70	51757,56	85,52

**METODOLOGÍA DE DISEÑO Y ANÁLISIS DE SOLUCIONES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA
PARA LA CONSECUCCIÓN DE EDIFICIOS DE CONSUMO CASI NULO (NZEB)**

Tabla 11.66. Simulaciones de Paramentos verticales - Tabiques – m04c0204

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (W/m ² k)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	(kWh / año)	kWh / (m ² ·año)
	MISA	2,63	91,34	36,73	77509,24	128,07
m04c0204s01	Tipo a, 1,5 cm	1,24	90,52	36,62	76946,40	127,14
m04c0204s02	Tipo a, 3 cm	0,8	90,27	36,54	76746,68	126,81
m04c0204s03	Tipo a, 4 cm	0,65	90,18	36,51	76674,05	126,69
m04c0204s04	Tipo a, 6 cm	0,48	90,09	36,46	76589,33	126,55
m04c0204s05	Tipo a, 8 cm	0,38	90,04	36,42	76534,86	126,46
m04c0204s06	Tipo b, 8 cm	0,35	91,06	35,72	76728,52	126,78
m04c0204s07	Tipo b, 12 cm	0,25	91,01	35,68	76674,05	126,69

Tabla 11.67. Simulaciones de Paramentos verticales - Tabiques en contacto con zonas no habitables – m04c0205

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (W/m ² k)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	(kWh / año)	kWh / (m ² ·año)
m04c0205s01	MISA + Tipo a, 1,5 cm	1,23	90,29	37,27	77200,59	127,56
m04c0205s02	MISA + Tipo a, 4 cm	0,66	90,06	37,17	77000,87	127,23
m04c0205s03	MISA + Tipo a, 8 cm	0,38	89,97	37,09	76897,98	127,06
m04c0205s04	m04c0204s03 + Tipo a, 1,5 cm	1,23	88,94	36,97	76201,99	125,91
m04c0205s05	m04c0204s03 + Tipo a, 4 cm	0,66	88,52	36,82	75857,02	125,34
m04c0205s06	m04c0204s03 + Tipo a, 8 cm	0,38	88,32	36,72	75675,46	125,04
m04c0205s07	m04c0204s03 + Tipo a, 12 cm	0,26	88,26	36,65	75596,78	124,91

Tabla 11.68. Simulaciones de Paramentos horizontales en contacto con el terreno– m04c0301

Código de simulación	Descripción breve	Resistencia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Rm (m ² k / w)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	(kWh / año)	kWh / (m ² ·año)
m04c0301as01	Solera MISA	0,13	91,34	36,73	77509,24	128,07
m04c0301as02	Solera 3 cm	0,96	91,02	37,54	77805,80	128,56
m04c0301as03	Solera 5 cm	1,52	90,9	37,81	77896,58	128,71
m04c0301as04	Solera 7 cm	2,08	90,82	38	77963,15	128,82
m04c0301as05	Solera 10 cm	2,91	90,72	38,21	78029,73	128,93
m04c0301as06	Solera 15 cm	4,3	90,6	38,46	78108,40	129,06
m04c0301as07	Solera 15 cm + 3 cm	4,3* + 0,88	90,59	38,49	78120,51	129,08
m04c0301as08	Solera 15 cm + 6 cm	4,3* + 1,76	90,59	38,5	78126,56	129,09
m04c0301as09	Solera 15 cm + 10 cm	4,3* + 2,78	90,58	38,52	78132,61	129,10

Tabla 11.69. Simulaciones de Paramentos horizontales – Cubierta plana – m04c0302

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (W/m ² k)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	(kWh / año)	kWh / (m ² ·año)
	MISA	0,72	91,34	36,73	77509,24	128,07
m04c0302s01	Tipo a, 1,5 cm	0,56	89,73	36,62	76468,28	126,35
m04c0302s02	Tipo a, 3 cm	0,46	88,71	36,49	75772,29	125,20
m04c0302s03	Tipo a, 5 cm	0,37	87,83	36,36	75161,03	124,19
m04c0302s04	Tipo a, 7 cm	0,31	87,17	36,28	74713,17	123,45
m04c0302s05	Tipo a, 9 cm	0,27	86,75	36,22	74422,67	122,97
m04c0302s06	Tipo a, 11 cm	0,237	86,4	36,18	74186,64	122,58
m04c0302s07	Tipo a, 13 cm	0,211	86,1	36,14	73980,87	122,24
m04c0302s08	Tipo a, 14 cm intermedia	0,2	85,98	36,13	73902,19	122,11

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (W/m ² k)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	(kWh / año)	kWh / (m ² ·año)
m04c0302s09	Tipo a, 14 cm clara	0,2	86,28	35,77	73865,88	122,05
m04c0302s10	Tipo a, 14 cm oscura	0,2	85,68	36,48	73932,45	122,16
m04c0302s11	Tipo a, 20 cm	0,15	85,47	36,06	73551,17	121,53
m04c0302s12	Tipo a, 26 cm	0,12	85,17	36,01	73339,35	121,18
m04c0302s13	Tipo b vegetal, 13,5 cm	0,2	86,02	36,15	73938,51	122,17
m04c0302s14	Tipo b vegetal intensiva, 12 cm	0,2	85,95	36,12	73877,98	122,07
m04c0302s15	Tipo c, 14 cm	0,22	86,1	36,21	74023,24	122,31
m04c0302s16	Tipo c, 20 cm	0,19	85,55	36,13	73641,95	121,68

Tabla 11.70. Simulaciones de Paramentos horizontales – Forjados entreplanta – m04c0304

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (W/m ² k)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	(kWh / año)	kWh / (m ² ·año)
	MISA		91,34	36,73	77509,24	128,07
m04c0304s01	Tipo a, 2,5 cm	0,59	91,30	36,74	77491,09	128,04
m04c0304s02	Tipo a, 5 cm	0,42	91,03	36,93	77442,67	127,96
m04c0304s03	Tipo a, 8 cm	0,31	91,01	36,93	77430,57	127,94
m04c0304s04	Tipo a, 12 cm	0,23	91,01	36,92	77424,52	127,93

Tabla 11.71. Simulaciones de Paramentos horizontales - Comprobación inercia – m04c0306

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (W/m ² k)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	(kWh / año)	kWh / (m ² ·año)
m04c0306s01	Inercia forjado - Ais ext	0,25	86,54	36,2	74283,48	122,74
m04c0306s02	Inercia forjado - Ais int junto a forjado	0,25	86,42	36,49	74386,36	122,91
m04c0306s03	Inercia forjado - Ais int junto a falso techo	0,25	86,45	36,47	74392,41	122,92

Tabla 11.72. Simulaciones de Huecos acristalados - Vidrios – m04c0401

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Factor solar	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (W/m ² k)		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	(kWh / año)	kWh / (m ² ·año)
	MISA	Uvidrio	Fs	91,34	36,73	77509,24	128,07
m04c0401as01	Vidrio simple	5,7	0,83	92,33	35,57	77406,36	127,90
m04c0401as02	Tipo a, 4/6/4	3,3	0,77	90,45	34,1	75378,91	124,55
m04c0401as03	Tipo a, 6/6/8	3,2	0,74	90,96	33,37	75245,76	124,33
m04c0401as04	Tipo a, 8/8/10	3	0,71	91,32	32,65	75027,88	123,97
m04c0401as05	Tipo a, 10/10/12	2,8	0,69	91,46	32,17	74822,11	123,63
m04c0401as06	Tipo a, 10/10/12 + argón	2,7	0,69	91,3	32,17	74725,28	123,47
m04c0401as07	Tipo a, 12/14/12 + argón	2,5	0,67	91,41	31,72	74519,51	123,13
m04c0401as08	Tipo a, 12/20/12 + argón	2,6	0,71	90,67	32,69	74658,71	123,36
m04c0401bs01	Tipo b, 4/6/6	2,5	0,41	96,77	26,32	74495,30	123,09
m04c0401bs02	Tipo b, 6/8/6	2,1	0,4	96,29	26,15	74101,91	122,44
m04c0401bs03	Tipo b, 8/10/6	1,8	0,39	95,95	25,98	73793,26	121,93
m04c0401bs04	Tipo b, 8/12/6	1,6	0,39	95,57	26,01	73581,43	121,58
m04c0401bs05	Tipo b, 8/16/6	1,4	0,39	95,12	26,09	73357,50	121,21
m04c0401bs06	Tipo b, 8/10/6 + argón	1,4	0,39	95,12	26,09	73357,50	121,21
m04c0401bs07	Tipo b, 8/16/6 + argón int azul	1,1	0,38	94,63	26,04	73030,69	120,67
m04c0401bs08	Tipo b, 8/16/4 + argón int gris	1,1	0,44	93,89	26,8	73042,79	120,69
m04c0401bs09	Tipo b, 8/16/6 + argón int gris	1,1	0,36	94,71	25,93	73012,53	120,64

**METODOLOGÍA DE DISEÑO Y ANÁLISIS DE SOLUCIONES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA
PARA LA CONSECUCCIÓN DE EDIFICIOS DE CONSUMO CASI NULO (NZEB)**

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Factor solar	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (W/m ² k)		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	(kWh / año)	kWh / (m ² ·año)
m04c0401bs10	Tipo b, 8/16/4 + argón int verde	1,1	0,45	93,73	26,96	73042,79	120,69
m04c0401bs11	Tipo b, 8/16/6 + argón int verde	1,1	0,36	94,71	25,93	73012,53	120,64
m04c0401cs01	Tipo c, 5/6/4	3,3	0,54	95,48	28,79	75209,45	124,27
m04c0401cs02	Tipo c, 8/10/5	2,5	0,24	99,49	23,75	74586,08	123,24
m04c0401cs03	Tipo c, 8/10/6 + argón	2,2	0,23	99,17	23,58	74289,53	122,75
m04c0401cs04	Tipo c, 8/16/6 + argón	2	0,23	98,81	23,6	74083,76	122,41
m04c0401cs05	Tipo c, 8/20/12 + argón	2	0,22	99,02	23,41	74095,86	122,43
m04c0401ds01	Tipo b y c, 6/6/4	2,5	0,22	99,9	23,38	74610,29	123,28
m04c0401ds02	Tipo b y c, 8/10/6 + argón	1,4	0,19	98,55	22,89	73496,70	121,44
m04c0401ds03	Tipo b y c, 8/16/6 + argón	1,1	0,18	98,19	22,73	73181,99	120,92
m04c0401es01	Tipo d, 6/14/4/14/4 + argón	0,6	0,53	91,17	28,62	72498,11	119,79
m04c0401es02	Tipo d, 6/14/4/14/4+4 + argón	0,6	0,26	95,57	24,24	72510,21	119,81

Tabla 11.73. Simulaciones de Huecos acristalados - Marcos – m04c0401

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Factor solar	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (W/m ² k)		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	(kWh / año)	kWh / (m ² ·año)
m04c0401fs01	Aluminio sin rotura PT	5,7	0,6	91,40	36,66	77503,19	128,06
m04c0401fs02	Aluminio con rotura PT	4	0,6	90,65	36,72	77085,60	127,37
m04c0401fs03	Aluminio madera RTP	1,1	0,6	90,52	36,73	77012,97	127,25
m04c0401fs04	Cor 60	0,9	0,6	90,52	36,73	77012,97	127,25
m04c0401fs05	Cor 70 CC	0,7	0,6	90,52	36,73	77012,97	127,25
m04c0401fs06	Acero	5,7	0,6	91,40	36,66	77503,19	128,06
m04c0401fs07	PVC	1,3	0,4	90,46	36,8	77019,02	127,26
m04c0401fs08	Madera Iroko / Roble	1,38	0,8	90,59	36,66	77012,97	127,25
m04c0401fs09	Madera Pino	1,13	0,8	90,59	36,66	77012,97	127,25

Tabla 11.74. Simulaciones de Huecos acristalados - Sombreado – m04c0402

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	(kWh / año)	kWh / (m ² ·año)
	MISA + orientación 0°	88,36	28,99	71021,39	117,35
m04c0402s01	0,3 m	89,61	27,37	70797,47	116,98
m04c0402s02	0,5 m	90,74	26,45	70924,56	117,19
m04c0402s03	0,5 m + 0,5 m + 1 m	90,83	26,45	70979,03	117,28
m04c0402s04	0,3 m + 0,5 m + 0,5 m	89,86	27,16	70821,67	117,02

Tabla 11.75. Simulaciones de Huecos acristalados - Protecciones – m04c0403

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Factor solar	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (W/m ² k)		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	(kWh / año)	kWh / (m ² ·año)
	MISA + orientación 0°			88,36	28,99	71021,39	117,35
m04c0403s01	Contraventana de madera	0,12	0,05	88,46	19,32	65229,53	107,78
m04c0403s02	Persiana plástica clara	0,12	0,04	88,46	19,21	65162,96	107,67
m04c0403s03	Persiana veneciana lamas metálicas	0	0,09	88,45	20,87	66161,56	109,32
m04c0403s04	Lona opaca	0	0,04	88,46	20,43	65901,32	108,89
m04c0403s05	Lona muy transparente	0	0,16	88,44	21,5	66536,79	109,94

Tabla 11.76. Simulaciones de Rendimiento de las instalaciones de ventilación – m04c07

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (W/m ² k)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	(kWh / año)	kWh / (m ² ·año)
	MISA		91,34	36,73	77509,24	128,07
m04c07s01	Infiltración de 0,25 ren		88,63	36,99	76026,48	125,62
m04c07s02	Infiltración de 0 ren		86,37	37,41	74912,89	123,78
m04c07s03	Rend 30%		75,13	35,76	67111,74	110,89
m04c07s04	Rend 50%		67,71	34,75	62009,82	102,46
m04c07s05	Rend 70%		60,36	33,83	57004,73	94,19
m04c07s06	Rend 80%		56,73	33,41	54553,63	90,14
m04c07s07	Rend 90%		53,12	33,01	52126,74	86,13
m04c07s08	Rend 95%		51,32	32,82	50922,37	84,14

11.1.6. Fase ALFA del modelo 05

Tabla 11.77. Simulaciones base – m05c0M

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m05c0MISAs01	MISA CMEP	95,32	26,27	217429,53	121,59
m05c0MISAE+s02	MISA E+ Simplificada	143,15	89,98	416897,48	233,13
m05c0MISAE+s03	MISA E+ Completa	142,91	90,22	416897,48	233,13
m05c0MI013s01	MI HE 2013 según normativa	0,00	0,00	198818,03	111,18
m05c0MI13s01	MI HE 2013 CMEP	4,30	18,83	41358,88	23,13
m05c0MI13E+s01	MI HE 2013 E+ Simplificada	2,07	38,36	72289,41	40,42
m05c0MI13E+s02	MI HE 2013 E+ Completa	2,08	38,41	72407,58	40,49

Tabla 11.78. Simulaciones de Orientación – m05c01

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m05c01s01	Simulación a 0°	146,71	89,70	422776,35	236,42
m05c01s02	Simulación a 15°	146,14	89,47	421328,79	235,61
m05c01s03	Simulación a 30°	145,38	89,04	419201,76	234,42
m05c01s04	Simulación a 45°	144,45	88,25	416129,39	232,70
m05c01s05	Simulación a 60°	143,64	86,85	412170,75	230,49
m05c01s06	Simulación a 75°	143,21	86,04	409955,10	229,25
m05c01s07	Simulación a 90°	142,95	86,30	409955,10	229,25
m05c01s08	Simulación a 105°	142,98	87,67	412466,17	230,65
m05c01s09	Simulación a 120°	143,15	89,98	416897,48	233,13
m05c01s10	Simulación a 135°	143,36	91,04	419172,22	234,40
m05c01s11	Simulación a 150°	143,43	91,19	419556,27	234,62
m05c01s12	Simulación a 165°	143,38	91,17	419438,10	234,55
m05c01s13	Simulación a 180°	143,24	91,31	419438,10	234,55
m05c01s14	Simulación a 195°	143,26	91,21	419290,39	234,47
m05c01s15	Simulación a 210°	143,28	91,26	419408,56	234,53
m05c01s16	Simulación a 225°	143,26	91,19	419260,85	234,45
m05c01s17	Simulación a 240°	143,33	90,56	418256,42	233,89
m05c01s18	Simulación a 255°	143,79	88,96	416218,02	232,75
m05c01s19	Simulación a 270°	144,37	88,00	415538,55	232,37
m05c01s20	Simulación a 285°	145,10	87,80	416483,89	232,90
m05c01s21	Simulación a 300°	146,05	88,48	419408,56	234,53
m05c01s22	Simulación a 315°	147,09	89,57	423219,48	236,67
m05c01s23	Simulación a 330°	147,66	89,97	424932,92	237,62

**METODOLOGÍA DE DISEÑO Y ANÁLISIS DE SOLUCIONES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA
PARA LA CONSECUCCIÓN DE EDIFICIOS DE CONSUMO CASI NULO (NZEB)**

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m05c01s24	Simulación a 345°	147,44	89,85	424342,08	237,29
m05c01s25	Simulación ajustada a 95°	142,88	86,76	410664,11	229,64
m05c01s26	Simulación ajustada a 100°	142,88	87,16	411373,12	230,04
m05c01s27	Simulación ajustada a 85°	143,01	86,12	409748,31	229,13
m05c01s28	Simulación ajustada a 80°	143,10	86,00	409689,22	229,10
m05c01s29	Simulación ajustada a 81°	143,10	86,10	409866,47	229,20
m05c01s30	Simulación ajustada a 82°	143,08	86,09	409807,39	229,17
m05c01s31	Simulación ajustada a 83°	143,06	86,10	409807,39	229,17
m05c01s32	Simulación ajustada a 84°	143,05	86,10	409777,85	229,15
m05c01s33	Simulación ajustada a 79°	143,11	86,04	409777,85	229,15
m05c01s34	Simulación ajustada a 78°	143,11	86,09	409866,47	229,20
m05c01s35	Simulación ajustada a 77°	143,13	86,05	409836,93	229,18
m05c01s36	Simulación ajustada a 76°	143,15	86,10	409955,10	229,25

Tabla 11.79. Simulaciones de Paramentos verticales - Fachadas – m05c0201

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (w/m ² k)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
	MISA	2,37	143,15	89,98	416897,48	233,13
m05c0201as01	Tipo a, 0 cm	2,43	140,49	90,89	413766,03	231,38
m05c0201as02	Tipo a, 1,5 cm	1,23	134,59	96,21	412732,05	230,80
m05c0201as03	Tipo a, 3 cm	0,82	132,90	97,83	412613,88	230,73
m05c0201as04	Tipo a, 4,5 cm	0,61	132,09	98,57	412495,72	230,67
m05c0201as05	Tipo a, 6 cm	0,49	131,63	99,00	412436,63	230,64
m05c0201as06	Tipo a, 7 cm	0,43	131,42	99,20	412407,09	230,62
m05c0201as07	Tipo a, 10 cm	0,32	131,00	99,55	412288,92	230,55
m05c0201as08	Tipo a, 10 + 5 cm	0,22	130,62	99,78	412023,04	230,40
m05c0201as09	Tipo a, 10 + 6 cm	0,21	130,57	99,80	411963,96	230,37
m05c0201as10	Tipo a, 10 + 8 cm	0,19	130,49	99,83	411875,33	230,32
m05c0201as11	Tipo a, 10 + 12 cm	0,16	130,36	99,86	411698,08	230,22
m05c0201as12	Tipo a, 10 + 16 cm	0,13	130,26	99,88	411550,37	230,14
m05c0201bs01	Tipo b, 0 cm	2,35	139,69	87,82	406853,18	227,51
m05c0201bs02	Tipo b, 1,5 cm	1,15	134,13	87,69	396661,18	221,81
m05c0201bs03	Tipo b, 3 cm	0,76	132,18	87,80	393382,01	219,98
m05c0201bs04	Tipo b, 6 cm	0,46	130,57	87,97	390811,85	218,54
m05c0201bs05	Tipo b, 8 cm	0,36	130,05	88,04	389984,67	218,08
m05c0201bs06	Tipo b, 8 cm + tras 2 cm	0,29	129,34	97,43	405523,79	226,77
m05c0201bs07	Tipo b, 8 cm + tras 4 cm	0,25	129,48	99,02	408625,71	228,50
m05c0201bs08	Tipo b, 8 cm + tras 6 cm	0,22	129,53	99,67	409866,47	229,20
m05c0201bs09	Tipo b, 10 cm + tras 6 cm	0,19	129,42	99,67	409659,68	229,08
m05c0201cs01	Tipo c, 0 cm	2,87	142,91	89,75	416070,31	232,67
m05c0201cs02	Tipo c, 1,5 cm	1,31	134,98	87,90	398581,41	222,89
m05c0201cs03	Tipo c, 3 cm	0,85	132,56	87,87	394179,64	220,43
m05c0201cs04	Tipo c, 5 cm	0,58	131,09	87,94	391668,57	219,02
m05c0201cs05	Tipo c, 6 cm	0,5	130,66	87,95	390930,02	218,61
m05c0201cs06	Tipo c, 8 cm	0,39	130,06	87,99	389925,59	218,05
m05c0201cs07	Tipo c, 10 cm	0,32	129,68	88,00	389275,66	217,68
m05c0201cs08	Tipo c, 12 cm	0,27	129,40	88,05	388862,07	217,45
m05c0201cs09	Tipo c, 14 cm	0,24	129,25	88,08	388655,28	217,34
m05c0201cs10	Tipo c, 16 cm	0,21	129,09	88,13	388448,48	217,22
m05c0201cs11	Tipo c, 18 cm	0,19	128,96	88,18	388300,77	217,14
m05c0201cs12	Tipo c, 20 cm	0,17	128,86	88,22	388182,61	217,07
m05c0201cs20	Tipo c, 23 cm	0,1484	128,74	88,30	388123,52	217,04

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (w/m ² k)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m05c0201cs21	Tipo c, 26 cm	0,1321	128,72	88,33	388153,06	217,06
m05c0201cs22	Tipo c, 30 cm	0,1152	128,58	88,38	387975,81	216,96
m05c0201cs13	Tipo c, 16 cm + tras 3 cm	0,175	128,91	98,57	406794,10	227,48
m05c0201cs14	Tipo c, 20 cm + tras 3 cm	0,15	128,69	98,57	406410,05	227,27
m05c0201cs15	Tipo c, 20 cm + tras 5 cm	0,1349	128,97	99,38	408359,83	228,36
m05c0201cs16	Tipo c, 20 cm + tras 6 cm	0,1297	129,12	99,60	409009,75	228,72
m05c0201cs17	Tipo c, 20 cm + tras 8 cm	0,1205	129,25	99,90	409777,85	229,15
m05c0201cs18	Tipo c, 20 cm + tras 10 cm	0,1126	129,30	100,08	410191,44	229,38
m05c0201cs19	Tipo c, 20 cm + tras 12 cm	0,1056	129,38	99,75	409748,31	229,13

Tabla 11.80. Simulaciones de Paramentos verticales - Comprobación inercia – m05c0202

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (w/m ² k)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m05c0202s01	Inercia muro - Ais ext	0,1694	128,86	88,22	388182,61	217,07
m05c0202s02	Inercia muro - Ais int	0,1694	130,14	99,43	410545,94	229,58

Tabla 11.81. Simulaciones de Paramentos verticales - Tabiques – m05c0204

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (w/m ² k)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
	MISA	2,63	143,15	89,98	416897,48	233,13
m05c0204s01	Tipo α, 1,5 cm	1,24	143,05	90,08	416897,48	233,13
m05c0204s02	Tipo α, 3 cm	0,8	143,03	90,08	416867,94	233,11
m05c0204s03	Tipo α, 4 cm	0,65	143,05	90,08	416897,48	233,13
m05c0204s04	Tipo α, 6 cm	0,48	143,05	90,08	416897,48	233,13
m05c0204s05	Tipo α, 8 cm	0,38	143,06	90,07	416897,48	233,13
m05c0204s06	Tipo b, 8 cm	0,35	143,44	89,51	416572,52	232,95
m05c0204s07	Tipo b, 12 cm	0,25	143,44	89,49	416542,98	232,93

Tabla 11.82. Simulaciones de Paramentos verticales - Tabiques en contacto con zonas no habitables – m05c0205

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (w/m ² k)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m05c0205s01	MISA + Tipo α, 1,5 cm	1,23	143,11	90,07	416986,11	233,18
m05c0205s02	MISA + Tipo α, 4 cm	0,66	143,10	90,10	417015,65	233,20
m05c0205s03	MISA + Tipo α, 8 cm	0,38	143,10	90,12	417045,19	233,21
m05c0205s04	MISA + Tipo α, 12 cm	0,26	143,10	90,12	417045,19	233,21
m05c0205s05	Todos los tabiques 1,5 cm	0,65	143,01	90,17	416986,11	233,18
m05c0205s06	Todos los tabiques 8 cm	0,38	143,01	90,20	417045,19	233,21

Tabla 11.83. Simulaciones de Paramentos horizontales en contacto con el terreno – m05c0301

Código de simulación	Descripción breve	Resistencia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Rm (m ² k / w)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m05c0301as01	Solera MISA	0,13	143,15	89,98	416897,48	233,13
m05c0301as02	Solera 3 cm	0,96	143,08	90,40	417517,87	233,48

**METODOLOGÍA DE DISEÑO Y ANÁLISIS DE SOLUCIONES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA
PARA LA CONSECUCCIÓN DE EDIFICIOS DE CONSUMO CASI NULO (NZEB)**

Código de simulación	Descripción breve	Resistencia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Rm (m ² k / w)	kWh / (m ² -año)	kWh / (m ² -año)	kWh / año	kWh / (m ² -año)
m05c0301as03	Solera 5 cm	1,52	143,06	90,55	417754,20	233,61
m05c0301as04	Solera 7 cm	2,08	143,03	90,66	417901,91	233,69
m05c0301as05	Solera 10 cm	2,91	143,01	90,78	418079,17	233,79
m05c0301as06	Solera 15 cm	4,3	142,96	90,93	418256,42	233,89
m05c0301as07	Solera 15 cm + 3 cm	4,3* + 0,88	142,96	90,94	418285,96	233,91
m05c0301as08	Solera 15 cm + 6 cm	4,3* + 1,76	142,96	90,96	418315,50	233,92
m05c0301as09	Solera 15 cm + 10 cm	4,3* + 2,78	142,96	90,98	418345,04	233,94

Tabla 11.84. Simulaciones de Paramentos horizontales – Cubierta plana – m05c0302

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (w/m2k)	kWh / (m ² -año)	kWh / (m ² -año)	kWh / año	kWh / (m ² -año)
	MISA	0,85	143,15	89,98	416897,48	233,13
m05c0302s01	Tipo a, 1,5 cm	0,55	143,11	90,05	416956,57	233,16
m05c0302s02	Tipo a, 3 cm	0,46	143,11	90,05	416956,57	233,16
m05c0302s03	Tipo a, 7 cm	0,31	143,11	90,05	416956,57	233,16
m05c0302s04	Tipo a, 10 cm	0,25	143,10	90,05	416927,03	233,15
m05c0302s05	Tipo a, 14 cm	0,2	143,10	90,05	416927,03	233,15
m05c0302s06	Tipo a, 20 cm	0,15	143,10	90,05	416927,03	233,15
m05c0302s07	Tipo a, 26 cm	0,12	143,10	90,05	416927,03	233,15

Tabla 11.85. Simulaciones de Paramentos horizontales – Cubierta inclinada – m05c0303

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (w/m2k)	kWh / (m ² -año)	kWh / (m ² -año)	kWh / año	kWh / (m ² -año)
	MISA	4,197	143,15	89,98	416897,48	233,13
m05c0303s01	Tipo a, 1,5 cm	1,385	106,54	60,58	298847,43	167,12
m05c0303s02	Tipo a, 3 cm	0,829	97,57	54,83	272525,46	152,40
m05c0303s03	Tipo a, 7 cm	0,401	90,23	50,42	251521,06	140,65
m05c0303s04	Tipo a, 10 cm	0,289	88,28	49,25	245937,61	137,53
m05c0303s05	Tipo a, 14 cm intermedia	0,21	86,94	48,32	241890,35	135,27
m05c0303s06	Tipo a, 14 cm clara	0,21	87,44	47,25	240856,38	134,69
m05c0303s07	Tipo a, 14 cm oscura	0,21	86,45	49,41	242953,86	135,86
m05c0303s08	Tipo a, 20 cm	0,15	85,84	47,46	238374,84	133,30
m05c0303s09	Tipo a, 26 cm	0,116	85,18	46,83	236070,56	132,01

Tabla 11.86. Simulaciones de Paramentos horizontales - Entreplantas – m05c0304

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (w/m2k)	kWh / (m ² -año)	kWh / (m ² -año)	kWh / año	kWh / (m ² -año)
	MISA		143,15	89,98	416897,48	233,13
m05c0304s01	Tipo a, 2,5 cm	0,59	143,08	90,76	418167,79	233,84
m05c0304s02	Tipo a, 5 cm	0,42	143,08	90,84	418315,50	233,92
m05c0304s03	Tipo a, 8 cm	0,31	143,10	90,86	418374,59	233,96
m05c0304s04	Tipo a, 12 cm	0,23	143,10	90,88	418404,13	233,97



Tabla 11.87. Simulaciones de Paramentos horizontales - Comprobación inercia – m05c0305

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (w/m2k)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m05c0305s01	Inercia forjado - Ais ext	0,25	88,65	49,05	246233,03	137,69
m05c0305s02	Inercia forjado - Ais int	0,25	88,18	49,30	245848,98	137,48

Tabla 11.88. Simulaciones de Huecos acristalados - Vidrios – m05c0401

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Factor solar	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (w/m2k)		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
	MISA	Uvidrio	Fs	143,15	89,98	416897,48	233,13
m05c0401as01	Vidrio simple	5,7	0,83	143,69	89,17	416424,81	232,87
m05c0401as02	Tipo a, 4/6/4	3,3	0,77	142,80	88,40	413441,06	231,20
m05c0401as03	Tipo a, 6/6/8	3,2	0,74	143,10	87,89	413057,02	230,98
m05c0401as04	Tipo a, 8/8/10	3	0,71	143,31	87,37	412525,26	230,69
m05c0401as05	Tipo a, 10/10/12	2,8	0,69	143,41	87,04	412111,67	230,45
m05c0401as06	Tipo a, 10/10/12 + argón	2,7	0,69	143,33	87,04	411963,96	230,37
m05c0401as07	Tipo a, 12/14/12 + argón	2,5	0,67	143,41	86,73	411550,37	230,14
m05c0401as08	Tipo a, 12/20/12 + argón	2,6	0,71	143,00	87,44	412082,13	230,44
m05c0401bs01	Tipo b, 4/6/6	2,5	0,41	146,30	82,72	409541,51	229,02
m05c0401bs02	Tipo b, 6/8/6	2,1	0,4	146,09	82,62	408980,21	228,70
m05c0401bs03	Tipo b, 8/10/6	1,8	0,39	145,94	82,52	408537,08	228,46
m05c0401bs04	Tipo b, 8/12/6	1,6	0,39	145,74	82,58	408300,74	228,32
m05c0401bs05	Tipo b, 8/16/6	1,4	0,39	145,51	82,70	408093,95	228,21
m05c0401bs06	Tipo b, 8/10/6 + argón	1,4	0,39	145,51	82,70	408093,95	228,21
m05c0401bs07	Tipo b, 8/16/6 + argón int azul	1,1	0,38	145,26	82,72	407680,36	227,98
m05c0401bs08	Tipo b, 8/16/6 + argón int gris	1,1	0,44	144,91	83,16	407857,61	228,08
m05c0401bs09	Tipo b, 8/16/6 + argón int gris	1,1	0,36	145,28	82,70	407680,36	227,98
m05c0401bs10	Tipo b, 8/16/6 + argón int verde	1,1	0,45	144,85	83,26	407916,70	228,11
m05c0401bs11	Tipo b, 8/16/6 + argón int verde	1,1	0,36	145,28	82,70	407680,36	227,98
m05c0401cs01	Tipo c, 5/6/4	3,3	0,54	145,56	84,45	411314,03	230,01
m05c0401cs02	Tipo c, 8/10/5	2,5	0,24	147,74	80,80	408684,79	228,54
m05c0401cs03	Tipo c, 8/10/6 + argón	2,2	0,23	147,59	80,72	408271,20	228,31
m05c0401cs04	Tipo c, 8/16/6 + argón	2	0,23	147,42	80,75	408034,87	228,17
m05c0401cs05	Tipo c, 8/20/12 + argón	2	0,22	147,52	80,60	407946,24	228,12
m05c0401ds01	Tipo b y c, 6/6/4	2,5	0,22	147,97	80,50	408566,62	228,47
m05c0401ds02	Tipo b y c, 8/10/6 + argón	1,4	0,19	147,33	80,29	407030,44	227,61
m05c0401ds03	Tipo b y c, 8/16/6 + argón	1,1	0,18	147,16	80,20	406587,31	227,36
m05c0401es01	Tipo d, 6/14/4/14/4 + argón	0,6	0,53	143,51	84,57	407857,61	228,08
m05c0401es02	Tipo d, 6/14/4/14/4+4 + argón	0,6	0,26	145,79	81,48	406410,05	227,27

Tabla 11.89. Simulaciones de Huecos acristalados - Marcos – m05c0401

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Factor solar	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (w/m2k)		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m05c0401fs01	Aluminio sin rotura PT	5,7	0,6	143,15	89,98	416897,48	233,13
m05c0401fs02	Aluminio con rotura PT	4	0,6	142,95	90,03	416631,60	232,98
m05c0401fs03	Aluminio madera RTP	1,1	0,6	142,91	90,03	416572,52	232,95

**METODOLOGÍA DE DISEÑO Y ANÁLISIS DE SOLUCIONES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA
PARA LA CONSECUCCIÓN DE EDIFICIOS DE CONSUMO CASI NULO (NZEB)**

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Factor solar	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (w/m ² k)		kWh / (m ² -año)	kWh / (m ² -año)	kWh / año	kWh / (m ² -año)
m05c0401fs04	Cor 60	0,9	0,6	142,91	90,03	416572,52	232,95
m05c0401fs05	Cor 70 CC	0,7	0,6	142,91	90,03	416572,52	232,95
m05c0401fs06	Acero	5,7	0,6	143,15	89,98	416897,48	233,13
m05c0401fs07	PVC	1,3	0,4	142,90	90,05	416572,52	232,95
m05c0401fs08	Madera Iroko / Roble	1,38	0,8	142,93	90,02	416572,52	232,95
m05c0401fs09	Madera Pino	1,13	0,8	142,93	90,02	416572,52	232,95

Tabla 11.90. Simulaciones de Huecos acristalados - Sombreado – m05c0402

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² -año)	kWh / (m ² -año)	kWh / año	kWh / (m ² -año)
	MISA + orientación 80°	143,10	86,00	409689,22	229,10
m05c0402s01	Sin sombras propias	141,99	92,89	420028,94	234,88
m05c0402s02	0,3 m en laterales	143,13	85,94	409630,14	229,07
m05c0402s03	0,5 m en laterales	143,18	85,87	409600,60	229,05
m05c0402s04	0,2 m en laterales	143,11	85,99	409689,22	229,10
m05c0402s05	1 m en frontales + 0,2 m en laterales	144,19	84,53	409009,75	228,72
m05c0402s06	1,5 m en frontales + 0,2 m en laterales	144,72	84,04	409068,84	228,75
m05c0402s07	0,5 m en frontales + 0,2 m en laterales	143,59	85,84	410280,06	229,43
m05c0402s08	0,30 m en frontales + 0,2 m en laterales	143,36	85,64	409511,97	229,00

Tabla 11.91. Simulaciones de Huecos acristalados - Protecciones – m05c0403

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Factor solar	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (w/m ² k)		kWh / (m ² -año)	kWh / (m ² -año)	kWh / año	kWh / (m ² -año)
	MISA + orientación 80°			143,10	86,00	409689,22	229,10
m05c0403s01	Contraventana de madera	0,12	0,05	143,38	78,42	396631,63	221,80
m05c0403s02	Persiana plástica clara	0,12	0,04	143,38	78,34	396483,92	221,71
m05c0403s03	Persiana veneciana lamas metálicas	0	0,09	143,36	79,82	399113,17	223,19
m05c0403s04	Lona opaca	0	0,04	143,38	79,44	398463,24	222,82
m05c0403s05	Lona muy transparente	0	0,16	143,34	80,35	400028,97	223,70

Tabla 11.92. Simulaciones de Rendimiento de las instalaciones de ventilación – m05c07

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² -año)	kWh / (m ² -año)	kWh / año	kWh / (m ² -año)
	MISA	143,15	89,98	416897,48	233,13
m05c07s01	Infiltración de 0,25 ren	133,61	88,61	397399,73	222,23
m05c07s02	Infiltración de 0 ren	129,45	88,20	389216,58	217,65
m05c07s03	Rend 30%	115,94	86,12	361328,88	202,06
m05c07s04	Rend 50%	106,98	84,83	343012,80	191,81
m05c07s05	Rend 70%	98,13	83,66	325080,78	181,79
m05c07s06	Rend 80%	93,77	83,11	316306,79	176,88
m05c07s07	Rend 90%	89,41	82,63	307650,96	172,04
m05c07s08	Rend 95%	87,23	82,40	303337,82	169,63



11.1.7. Fase ALFA del modelo 06

Tabla 11.93. Simulaciones base – m06c0M

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m06c0MISAs01	MISA CMEP	151,30	53,60	141997,75	204,90
m06c0MISAE+s02	MISA E+ Simplificada	121,90	42,55	113965,49	164,45
m06c0MISAE+s03	MISA E+ Completa	121,39	42,71	113722,94	164,10
m06c0MI013s01	MI HE 2013 según normativa			86279,75	124,50
m06c0MI13s01	MI HE 2013 CMEP	11,50	28,20	27512,50	39,70
m06c0MI13E+s01	MI HE 2013 E+ Simplificada	8,26	4,19	8627,97	12,45
m06c0MI13E+s02	MI HE 2013 E+ Completa	8,27	4,20	8641,83	12,47

Tabla 11.94. Simulaciones de Orientación – m06c01

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m06c01s01	Simulación a 0°	116,98	45,63	112690,36	162,61
m06c01s02	Simulación a 15°	116,50	46,51	112967,56	163,01
m06c01s03	Simulación a 30°	115,96	47,19	113064,58	163,15
m06c01s04	Simulación a 45°	115,62	47,38	112960,63	163,00
m06c01s05	Simulación a 60°	115,43	47,22	112718,08	162,65
m06c01s06	Simulación a 75°	115,54	46,79	112496,31	162,33
m06c01s07	Simulación a 90°	116,10	46,41	112621,06	162,51
m06c01s08	Simulación a 105°	117,18	46,24	113251,69	163,42
m06c01s09	Simulación a 120°	118,33	46,15	113986,28	164,48
m06c01s10	Simulación a 135°	119,57	45,99	114734,74	165,56
m06c01s11	Simulación a 150°	120,69	45,58	115226,77	166,27
m06c01s12	Simulación a 165°	121,70	44,98	115510,91	166,68
m06c01s13	Simulación a 180°	122,48	44,42	115663,37	166,90
m06c01s14	Simulación a 195°	123,49	44,19	116203,92	167,68
m06c01s15	Simulación a 210°	124,04	43,96	116425,68	168,00
m06c01s16	Simulación a 225°	124,07	43,58	116183,13	167,65
m06c01s17	Simulación a 240°	123,63	43,13	115566,35	166,76
m06c01s18	Simulación a 255°	122,86	42,69	114727,81	165,55
m06c01s19	Simulación a 270°	121,90	42,55	113965,49	164,45
m06c01s20	Simulación a 285°	121,15	42,93	113709,08	164,08
m06c01s21	Simulación a 300°	120,33	43,42	113480,39	163,75
m06c01s22	Simulación a 315°	119,54	44,06	113376,44	163,60
m06c01s23	Simulación a 330°	118,68	44,62	113168,53	163,30
m06c01s24	Simulación a 345°	117,87	45,07	112919,05	162,94
m06c01s25	Simulación ajustada a 80°	115,72	46,67	112537,89	162,39
m06c01s26	Simulación ajustada a 85°	115,90	46,51	112551,75	162,41
m06c01s27	Simulación ajustada a 70°	115,45	46,95	112544,82	162,40
m06c01s28	Simulación ajustada a 65°	115,41	47,11	112627,99	162,52
m06c01s29	Simulación ajustada a 76°	115,57	46,76	112496,31	162,33
m06c01s30	Simulación ajustada a 77°	115,61	46,74	112510,17	162,35
m06c01s31	Simulación ajustada a 78°	115,64	46,72	112517,10	162,36
m06c01s32	Simulación ajustada a 79°	115,68	46,69	112524,03	162,37
m06c01s33	Simulación ajustada a 74°	115,51	46,82	112496,31	162,33
m06c01s34	Simulación ajustada a 73°	115,49	46,85	112503,24	162,34
m06c01s35	Simulación ajustada a 72°	115,48	46,89	112524,03	162,37
m06c01s36	Simulación ajustada a 71°	115,46	46,92	112530,96	162,38

**METODOLOGÍA DE DISEÑO Y ANÁLISIS DE SOLUCIONES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA
PARA LA CONSECUCCIÓN DE EDIFICIOS DE CONSUMO CASI NULO (NZEB)**

Tabla 11.95. Simulaciones de Paramentos verticales - Fachadas – m06c0201

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (w/m ² k)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
	MISA	2,92	121,90	42,55	113965,49	164,45
m06c0201as01	Tipo a, 0 cm	2,43	119,09	41,29	111144,94	160,38
m06c0201as02	Tipo a, 1,5 cm	1,23	109,98	40,66	104395,03	150,64
m06c0201as03	Tipo a, 3 cm	0,82	106,74	40,66	102149,67	147,40
m06c0201as04	Tipo a, 4,5 cm	0,61	105,08	40,70	101027,00	145,78
m06c0201as05	Tipo a, 6 cm	0,49	104,08	40,73	100354,78	144,81
m06c0201as06	Tipo a, 7 cm	0,43	103,60	40,75	100035,99	144,35
m06c0201as07	Tipo a, 10 cm	0,32	102,67	40,78	99412,28	143,45
m06c0201as08	Tipo a, 10 + 5 cm	0,22	101,87	40,80	98871,74	142,67
m06c0201as09	Tipo a, 10 + 6 cm	0,21	101,77	40,80	98802,44	142,57
m06c0201as10	Tipo a, 10 + 8 cm	0,19	101,59	40,80	98677,69	142,39
m06c0201as11	Tipo a, 10 + 12 cm	0,16	101,33	40,81	98504,44	142,14
m06c0201as12	Tipo a, 10 + 16 cm	0,13	101,14	40,82	98379,70	141,96
m06c0201bs01	Tipo b, 0 cm	2,35	118,34	39,35	109280,75	157,69
m06c0201bs02	Tipo b, 1,5 cm	1,15	110,95	38,89	103840,62	149,84
m06c0201bs03	Tipo b, 3 cm	0,76	108,16	39,02	101997,21	147,18
m06c0201bs04	Tipo b, 6 cm	0,46	105,80	39,19	100479,52	144,99
m06c0201bs05	Tipo b, 8 cm	0,36	105,03	39,25	99987,48	144,28
m06c0201bs06	Tipo b, 8 cm + tras 2 cm	0,29	102,59	40,36	99065,78	142,95
m06c0201bs07	Tipo b, 8 cm + tras 4 cm	0,25	101,96	40,60	98795,51	142,56
m06c0201bs08	Tipo b, 8 cm + tras 6 cm	0,22	101,59	40,72	98622,25	142,31
m06c0201bs09	Tipo b, 10 cm + tras 6 cm	0,19	101,39	40,75	98504,44	142,14
m06c0201cs01	Tipo c, 0 cm	2,87	121,77	42,28	113688,29	164,05
m06c0201cs02	Tipo c, 1,5 cm	1,31	112,27	39,31	105046,46	151,58
m06c0201cs03	Tipo c, 3 cm	0,85	108,85	39,23	102620,92	148,08
m06c0201cs04	Tipo c, 5 cm	0,58	106,73	39,26	101172,53	145,99
m06c0201cs05	Tipo c, 6 cm	0,5	106,10	39,27	100742,86	145,37
m06c0201cs06	Tipo c, 8 cm	0,39	105,23	39,30	100160,74	144,53
m06c0201cs07	Tipo c, 10 cm	0,32	104,66	39,32	99779,58	143,98
m06c0201cs08	Tipo c, 12 cm	0,27	104,26	39,34	99516,24	143,60
m06c0201cs09	Tipo c, 14 cm	0,24	103,95	39,37	99322,19	143,32
m06c0201cs10	Tipo c, 16 cm	0,21	103,71	39,39	99169,73	143,10
m06c0201cs11	Tipo c, 18 cm	0,19	103,52	39,43	99065,78	142,95
m06c0201cs12	Tipo c, 20 cm	0,17	103,37	39,45	98975,69	142,82
m06c0201cs20	Tipo c, 23 cm	0,1484	103,17	39,51	98878,67	142,68
m06c0201cs21	Tipo c, 26 cm	0,1321	103,09	39,55	98850,95	142,64
m06c0201cs22	Tipo c, 30 cm	0,1152	102,94	39,6	98781,65	142,54
m06c0201cs13	Tipo c, 16 cm + tras 3 cm	0,175	101,41	40,68	98469,79	142,09
m06c0201cs14	Tipo c, 20 cm + tras 3 cm	0,15	101,17	40,72	98331,19	141,89
m06c0201cs15	Tipo c, 20 cm + tras 5 cm	0,1349	100,99	40,83	98282,68	141,82
m06c0201cs16	Tipo c, 20 cm + tras 6 cm	0,1297	100,91	40,87	98254,96	141,78
m06c0201cs17	Tipo c, 20 cm + tras 8 cm	0,1205	100,80	40,92	98213,38	141,72
m06c0201cs18	Tipo c, 20 cm + tras 10 cm	0,1126	100,68	40,94	98144,08	141,62
m06c0201cs19	Tipo c, 20 cm + tras 12 cm	0,1056	100,61	40,98	98123,29	141,59
	Muro nave SA					
m06c0201ds01	Muro nave Tipo c, 3 cm	0,85	121,97	42,38	113896,19	164,35
m06c0201ds02	Muro nave Tipo c, 6 cm	0,5	121,98	42,39	113910,05	164,37
m06c0201ds03	Muro nave Tipo c, 10 cm	0,32	121,98	42,40	113916,98	164,38
m06c0201ds04	Muro nave Tipo c, 12 cm	0,27	121,98	42,41	113923,91	164,39
m06c0201ds05	Muro nave Tipo c, 16 cm	0,21	121,98	42,41	113923,91	164,39
m06c0201ds06	Muro nave Tipo c, 20 cm	0,17	121,98	42,42	113930,84	164,40

Tabla 11.96. Simulaciones de Paramentos verticales - Comprobación inercia – m06c0202

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (w/m ² k)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m06c0202s01	Inercia muro - Ais ext	0,1694	103,37	39,45	98975,69	142,82
m06c0202s02	Inercia muro - Ais int	0,1694	101,41	40,69	98476,72	142,10

Tabla 11.97. Simulaciones de Paramentos verticales - Tabiques – m06c0204

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (w/m ² k)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
	MISA	2,63	121,90	42,55	113965,49	164,45
m06c0204s01	Tipo a, 1,5 cm	1,24	119,65	42,1	112094,37	161,75
m06c0204s02	Tipo a, 3 cm	0,8	118,94	41,95	111498,38	160,89
m06c0204s03	Tipo a, 4 cm	0,65	118,68	41,89	111276,62	160,57
m06c0204s04	Tipo a, 6 cm	0,48	118,39	41,82	111027,13	160,21
m06c0204s05	Tipo a, 8 cm	0,38	118,22	41,77	110874,67	159,99
m06c0204s06	Tipo b, 8 cm	0,35	118,99	41,32	111096,43	160,31
m06c0204s07	Tipo b, 12 cm	0,25	118,83	41,27	110950,90	160,10

Tabla 11.98. Simulaciones de Paramentos verticales - Tabiques en contacto con zonas no habitables – m06c0205

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (w/m ² k)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m06c0205s01	MISA + Tipo a, 1,5 cm	1,23	119,45	42,88	112496,31	162,33
m06c0205s02	MISA + Tipo a, 4 cm	0,66	118,33	42,62	111539,96	160,95
m06c0205s03	MISA + Tipo a, 8 cm	0,38	117,8	42,47	111068,71	160,27
m06c0205s04	m06c0204s04 + Tipo a, 1,5 cm	1,23	115,81	42,11	109440,14	157,92
m06c0205s05	m06c0204s04 + Tipo a, 4 cm	0,66	114,57	41,84	108393,69	156,41
m06c0205s06	m06c0204s04 + Tipo a, 8 cm	0,38	113,98	41,68	107873,94	155,66
m06c0205s07	m06c0204s04 + Tipo a, 12 cm	0,26	113,77	41,59	107666,03	155,36

Tabla 11.99. Simulaciones de Paramentos horizontales en contacto con el terreno– m06c0301

Código de simulación	Descripción breve	Resistencia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Rm (m ² k / w)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m06c0301as01	Solera MISA	0,13	121,90	42,55	113965,49	164,45
m06c0301as02	Solera 3 cm	0,96	121,83	42,75	114055,59	164,58
m06c0301as03	Solera 5 cm	1,52	121,81	42,82	114090,24	164,63
m06c0301as04	Solera 7 cm	2,08	121,79	42,87	114111,03	164,66
m06c0301as05	Solera 10 cm	2,91	121,77	42,92	114131,82	164,69
m06c0301as06	Solera 15 cm	4,3	121,74	42,98	114152,61	164,72
m06c0301as07	Solera 15 cm + 3 cm	4,3* + 0,88	121,74	42,99	114159,54	164,73
m06c0301as08	Solera 15 cm + 6 cm	4,3* + 1,76	121,74	42,99	114159,54	164,73
m06c0301as09	Solera 15 cm + 10 cm	4,3* + 2,78	121,73	43	114159,54	164,73
m06c0301bs01	Nave - Solera MISA		121,90	42,55	113965,49	164,45
m06c0301bs02	Nave - Solera 3 cm	0,96	121,94	42,61	114034,80	164,55
m06c0301bs03	Nave - Solera 5 cm	1,52	121,95	42,63	114055,59	164,58
m06c0301bs03	Nave - Solera 10 cm	2,91	121,96	42,66	114083,31	164,62

**METODOLOGÍA DE DISEÑO Y ANÁLISIS DE SOLUCIONES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA
PARA LA CONSECUCCIÓN DE EDIFICIOS DE CONSUMO CASI NULO (NZEB)**

Tabla 11.100. Simulaciones de Paramentos horizontales – Cubierta plana – m06c0302

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (w/m ² k)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
	MISA	0,72	121,90	42,55	113965,49	164,45
m06c0302s01	Tipo a, 1,5 cm	0,56	120,4	42,52	112905,19	162,92
m06c0302s02	Tipo a, 3 cm	0,46	119,5	42,39	112191,39	161,89
m06c0302s03	Tipo a, 5 cm	0,37	118,77	42,26	111595,40	161,03
m06c0302s04	Tipo a, 7 cm	0,31	118,16	42,17	111110,29	160,33
m06c0302s05	Tipo a, 9 cm	0,27	117,82	42,11	110833,09	159,93
m06c0302s06	Tipo a, 11 cm	0,237	117,51	42,07	110590,54	159,58
m06c0302s07	Tipo a, 13 cm	0,211	117,21	42,03	110354,91	159,24
m06c0302s08	Tipo a, 14 cm intermedia	0,2	117,11	42,01	110271,75	159,12
m06c0302s09	Tipo a, 14 cm clara	0,2	117,51	41,59	110257,89	159,10
m06c0302s10	Tipo a, 14 cm oscura	0,2	116,7	42,44	110285,61	159,14
m06c0302s11	Tipo a, 20 cm	0,15	116,66	41,94	109911,39	158,60
m06c0302s12	Tipo a, 26 cm	0,12	116,39	41,89	109689,62	158,28
m06c0302s13	Tipo b vegetal, 13,5 cm	0,2	117,2	42,02	110341,05	159,22
m06c0302s14	Tipo b vegetal intensiva, 12 cm	0,2	117,01	41,99	110188,59	159,00
m06c0302s15	Tipo c, 14 cm	0,22	117,25	42,09	110424,21	159,34
m06c0302s16	Tipo c, 20 cm	0,19	116,78	42,03	110056,92	158,81

Tabla 11.101. Simulaciones de Paramentos horizontales – Cubierta inclinada – m06c0303

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (w/m ² k)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
	MISA	4,35	121,90	42,55	113965,49	164,45
m06c0303s01	Tipo a, 1,5 cm	1,38	121,53	40,56	112329,99	162,09
m06c0303s02	Tipo a, 3 cm	0,83	121,41	40,14	111955,77	161,55
m06c0303s03	Tipo a, 6 cm	0,46	121,32	39,84	111685,49	161,16
m06c0303s04	Tipo a, 10 cm	0,29	121,28	39,69	111553,82	160,97
m06c0303s05	Tipo a, 14 cm	0,21	121,26	39,62	111491,45	160,88
m06c0303s06	Tipo a, 20 cm	0,14	121,24	39,55	111429,08	160,79

Tabla 11.102. Simulaciones de Paramentos horizontales - Entreplantas – m06c0304

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (w/m ² k)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
	MISA		121,90	42,55	113965,49	164,45
m06c0304s01	Tipo a, 2,5 cm	0,59	120,80	42,82	113390,30	163,62
m06c0304s02	Tipo a, 5 cm	0,42	120,57	42,87	113265,55	163,44
m06c0304s03	Tipo a, 8 cm	0,31	120,96	42,71	113424,95	163,67
m06c0304s04	Tipo a, 12 cm	0,23	120,88	42,71	113369,51	163,59
m06c0304bs01	Tipo b, 0 cm	1,41	121,9	42,55	113965,49	164,45
m06c0304bs02	Tipo b, 1,5 cm	0,83	112,84	45,8	109939,11	158,64
m06c0304bs03	Tipo b, 3 cm	0,59	109,61	46,9	108463,00	156,51
m06c0304bs04	Tipo b, 6 cm	0,37	106,86	47,82	107194,79	154,68
m06c0304bs05	Tipo b, 10 cm	0,25	105,36	48,32	106501,78	153,68
m06c0304bs06	Tipo b, 14 cm	0,19	104,62	48,57	106162,20	153,19
m06c0304bs07	Tipo b, 18 cm	0,15	104,18	48,72	105961,23	152,90
m06c0304bs08	Tipo b, 20 cm	0,13	104,13	48,74	105940,44	152,87
m06c0304bs09	Tipo b, 26 cm	0,109	103,68	48,89	105732,54	152,57

Tabla 11.103. Simulaciones de Paramentos horizontales - Comprobación inercia – m06c0306

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (w/m ² k)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m06c0306s01	Inercia forjado - Ais ext	0,25	117,66	42,09	110708,35	159,75
m06c0306s02	Inercia forjado - Ais int junto a forjado	0,25	116,98	43,1	110937,04	160,08
m06c0306s03	Inercia forjado - Ais int junto a falso techo	0,25	117,06	43,05	110957,83	160,11

Tabla 11.104. Simulaciones de Huecos acristalados - Vidrios – m06c0401

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (w/m ² k)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
	MISA	Uvidrio	121,90	42,55	113965,49	164,45
m06c0401as01	Vidrio simple	5,7	123,37	41,12	113993,21	164,49
m06c0401as02	Tipo a, 4/6/4	3,3	119,52	39,01	109862,88	158,53
m06c0401as03	Tipo a, 6/6/8	3,2	120,29	37,99	109689,62	158,28
m06c0401as04	Tipo a, 8/8/10	3	120,79	36,97	109329,26	157,76
m06c0401as05	Tipo a, 10/10/12	2,8	120,95	36,28	108961,96	157,23
m06c0401as06	Tipo a, 10/10/12 + argón	2,7	120,66	36,27	108754,06	156,93
m06c0401as07	Tipo a, 12/14/12 + argón	2,5	120,78	35,63	108393,69	156,41
m06c0401as08	Tipo a, 12/20/12 + argón	2,6	119,63	36,97	108525,37	156,60
m06c0401bs01	Tipo b, 4/6/6	2,5	129,41	28,68	109557,95	158,09
m06c0401bs02	Tipo b, 6/8/6	2,1	128,54	28,39	108754,06	156,93
m06c0401bs03	Tipo b, 8/10/6	1,8	127,93	28,13	108151,14	156,06
m06c0401bs04	Tipo b, 8/12/6	1,6	127,24	28,15	107686,82	155,39
m06c0401bs05	Tipo b, 8/16/6	1,4	126,42	28,27	107201,72	154,69
m06c0401bs06	Tipo b, 8/10/6 + argón	1,4	126,42	28,27	107201,72	154,69
m06c0401bs07	Tipo b, 8/16/6 + argón int azul	1,1	125,49	28,24	106536,43	153,73
m06c0401bs08	Tipo b, 8/16/4 + argón int gris	1,1	124,43	28,96	106300,80	153,39
m06c0401bs09	Tipo b, 8/16/6 + argón int gris	1,1	125,55	28,29	106612,66	153,84
m06c0401bs10	Tipo b, 8/16/4 + argón int verde	1,1	124,2	29,14	106266,15	153,34
m06c0401bs11	Tipo b, 8/16/6 + argón int verde	1,1	125,55	28,29	106612,66	153,84
m06c0401cs01	Tipo c, 5/6/4	3,3	127,55	31,9	110500,44	159,45
m06c0401cs02	Tipo c, 8/10/5	2,5	133,82	25,77	110597,47	159,59
m06c0401cs03	Tipo c, 8/10/6 + argón	2,2	133,25	25,5	110015,34	158,75
m06c0401cs04	Tipo c, 8/16/6 + argón	2	132,63	25,48	109571,81	158,11
m06c0401cs05	Tipo c, 8/20/12 + argón	2	132,98	25,24	109648,04	158,22
m06c0401ds01	Tipo b y c, 6/6/4	2,5	134,52	25,3	110756,86	159,82
m06c0401ds02	Tipo b y c, 8/10/6 + argón	1,4	132,09	24,46	108490,72	156,55
m06c0401ds03	Tipo b y c, 8/16/6 + argón	1,1	131,44	24,19	107853,15	155,63
m06c0401es01	Tipo d, 6/14/4/14/4 + argón	0,6	119,82	31,17	104637,58	150,99
m06c0401es02	Tipo d, 6/14/4/14/4+4 + argón	0,6	126,86	26,1	106002,81	152,96

Tabla 11.105. Simulaciones de Huecos acristalados - Marcos – m06c0401

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (w/m ² k)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m06c0401fs01	Aluminio sin rotura PT	5,7	121,99	42,44	113951,63	164,43
m06c0401fs02	Aluminio con rotura PT	4	121,21	42,47	113431,88	163,68
m06c0401fs03	Aluminio madera RTP	1,1	121,07	42,47	113334,86	163,54
m06c0401fs04	Cor 60	0,9	121,07	42,47	113334,86	163,54

**METODOLOGÍA DE DISEÑO Y ANÁLISIS DE SOLUCIONES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA
PARA LA CONSECUCCIÓN DE EDIFICIOS DE CONSUMO CASI NULO (NZEB)**

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (w/m ² k)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m06c0401fs05	Cor 70 CC	0,7	121,06	42,47	113327,93	163,53
m06c0401fs06	Acero	5,7	121,99	42,44	113951,63	164,43
m06c0401fs07	PVC	1,3	120,99	42,57	113348,72	163,56
m06c0401fs08	Madera Iroko / Roble	1,38	121,16	42,37	113327,93	163,53
m06c0401fs09	Madera Pino	1,13	121,16	42,37	113327,93	163,53

Tabla 11.106. Simulaciones de Huecos acristalados - Sombreado – m06c0402

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (w/m ² k)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
	MISA + orientación 75°		115,54	46,79	112496,31	162,33
m06c0402s01	0,3 m		117,88	42,9	111422,15	160,78
m06c0402s02	0,5 m		120,16	40,25	111165,73	160,41
m06c0402s03	1 m + 0,5 m		121,08	39,84	111519,17	160,92
m06c0402s04	1 m + 0,5 m + 0,7 m		123	37,71	111373,64	160,71
m06c0402s05	1 m + 0,4 m + 0,5 m		122,70	37,88	111283,55	160,58

Tabla 11.107. Simulaciones de Huecos acristalados - Protecciones – m06c0403

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (w/m ² k)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
	MISA + orientación 75°		115,54	46,79	112496,31	162,33
m06c0403s01	Contraventana de madera	0,12	115,87	24,26	97111,49	140,13
m06c0403s02	Persiana plástica clara	0,12	115,88	24,50	97284,74	140,38
m06c0403s03	Persiana veneciana lamas metálicas	0	115,84	28,84	100264,69	144,68
m06c0403s04	Lona opaca	0	115,87	27,79	99557,82	143,66
m06c0403s05	Lona muy transparente	0	115,8	30,33	101269,55	146,13

Tabla 11.108. Simulaciones de Rendimiento de las instalaciones de ventilación – m06c07

Código de simulación	Descripción breve	Transmitancia elemento	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		Um (w/m ² k)	kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
	MISA		121,90	42,55	113965,49	164,45
m06c07s01	Infiltración de 0,28 ren		120,01	42,50	112621,06	162,51
m06c07s02	Infiltración de 0 ren		118,62	42,59	111720,14	161,21
m06c07s03	Rend 30%		106,53	40,52	101907,12	147,05
m06c07s04	Rend 50%		98,51	39,2	95434,41	137,71
m06c07s05	Rend 70%		90,53	37,95	89037,92	128,48
m06c07s06	Rend 80%		86,55	37,34	85857,01	123,89
m06c07s07	Rend 90%		82,59	36,76	82710,74	119,35
m06c07s08	Rend 95%		80,62	36,48	81151,47	117,10



11.2. Listados de simulaciones de la fase BETA

En los siguientes apartados se detallan las simulaciones de la fase BETA.

11.2.1. Fase BETA del modelo 01

Tabla 11.109. Combinación de soluciones en la fase BETA del modelo 01

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
	MISA	188,63	37,18	18511,90	225,81
	MI HE 2013 según normativa	32,20	20,00	4279,36	52,20
	MI HE 2013 calculado	30,88	17,13	3935,86	48,01
m01c08s01	Orientación	188,23	37,31	18489,77	225,54
m01c08s02	Fachadas	96,5	29,1	10296,69	125,60
m01c08s03	Tabiques	95,7	29,4	10255,70	125,10
m01c08s04	Acabados muros	91,8	29,4	9935,98	121,20
m01c08s05	Solera	91	29,4	9870,39	120,40
m01c08s06	Cubierta	90,8	29,3	9845,80	120,10
m01c08s07	Tejado	57,66	19,94	6361,65	77,60
m01c08s08	Acabados suelo	57,66	19,94	6361,65	77,60
m01c08s09	Vidrios	47,01	15,47	5122,11	62,48
m01c08s10	Marcos	41,9	15,42	4699,09	57,32
m01c08s11	Recuperador de calor	20,33	13,25	2752,89	33,58

Tabla 11.110. Análisis de puentes térmicos en la fase BETA del modelo 01

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m01c09s01	Puentes térmicos - análisis numérico	19,89	13,24	2716,00	33,13
m01c09s02	Puentes térmicos - no considerando forjados inferiores	19,02	13,22	2643,04	32,24
m01c09s03	Puentes térmicos - frentes de forjado	19,02	13,22	2643,04	32,24
m01c09s04	Puentes térmicos - esquinas en muro	19,02	13,22	2643,04	32,24
m01c09s05	Puentes térmicos - ventanas	19,02	13,22	2643,04	32,24

Tabla 11.111. Análisis de sombreados en la fase BETA del modelo 01

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m01c10s01	Sombreados - persiana	22,01	10,68	2679,93	32,69
m01c10s02	Sombreados - persiana solo estacional	19,02	10,68	2434,81	29,70
m01c10s03	Sombreados - persiana + sombreado edificios	22,3	10,39	2679,93	32,69
m01c10s04	Sombreados - persiana + sombreado edificios solo estacional	19,02	10,39	2411,03	29,41
m01c10s05	Sombreados - persiana + sombreado edificios solo estacional + protección en ventanas	22,3	10,29	2671,73	32,59
m01c10s06	Sombreados - persiana + sombreado edificios solo estacional + protección en ventanas solo estacional	19,02	10,29	2402,83	29,31
m01c10s07	Sombreados - persiana + protección en ventanas	22,01	10,68	2679,93	32,69

METODOLOGÍA DE DISEÑO Y ANÁLISIS DE SOLUCIONES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA CONSECUCCIÓN DE EDIFICIOS DE CONSUMO CASI NULO (NZEB)

Tabla 11.112. Revisión de aislamientos en suelos en la fase BETA del modelo 01

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m01c11s01	Sombreados - persiana	22,01	10,68	2679,93	32,69
m01c11s02	Sombreados - persiana solo estacional	19,02	10,68	2434,81	29,70
m01c11s03	Sombreados - persiana + revisión suelos recintos	9,71	10,44	1651,90	20,15
m01c11s04	Sombreados - persiana + revisión suelos recintos 2	7,68	10,41	1483,02	18,09
m01c11s05	Sombreados - persiana + revisión suelos recintos 3	6,43	10,41	1380,54	16,84
m01c11s06	Sombreados - persiana + revisión suelos recintos 4	5,6	10,42	1313,32	16,02
m01c_gamma_s01	Modelo inicial para fase gamma 01	5,6	10,42	1313,32	16,02

11.2.2. Fase BETA del modelo 02

Tabla 11.113. Combinación de soluciones en la fase BETA del modelo 02

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
	MISA	152,00	42,78	28474,89	194,78
	MI HE 2013 según normativa	26,80	20,00	6841,69	46,80
	MI HE 2013 calculado	26,33	19,08	6638,49	45,41
m02c08s01	Orientación	145,60	37,50	26767,39	183,10
m02c08s02	Fachadas	86,1	28,6	16767,99	114,70
m02c08s03	Tabiques 1	85,9	29,1	16811,85	115,00
m02c08s04	Tabiques 2	80,7	28,7	15993,19	109,40
m02c08s05	Acabados muros	80,8	28,6	15993,19	109,40
m02c08s06	Solera	70,6	27,5	14341,24	98,10
m02c08s07	Cubierta	47,2	21	9970,16	68,20
m02c08s08	Acabados suelo	44,2	21,4	9590,06	65,60
m02c08s09	Acabados techo	49	20,7	10189,44	69,70
m02c08s10	Vidrios	40,8	16,7	8405,93	57,50
m02c08s11	Marcos	30,8	15,8	6812,45	46,60
m02c08s12	Sombreado huecos	36,7	12,4	7177,93	49,10
m02c08s13	Protecciones	41,3	10,5	7572,64	51,80
m02c08s14	Sombreado	36,7	15,1	7572,64	51,80
m02c08s15	Condiciones ventilación	19,5	14,6	4985,08	34,10
m02c08s16	Recuperador de calor	10,2	13,6	3479,32	23,80

Tabla 11.114. Análisis de puentes térmicos en la fase BETA del modelo 02

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m02c09s01	Puentes térmicos - análisis numérico	8	13,6	3157,70	21,60
m02c09s02	Puentes térmicos - no considerando forjados inferiores	8	13,6	3157,70	21,60
m02c09s03	Puentes térmicos - forjado	4,5	13,6	2646,04	18,10
m02c09s04	Puentes térmicos - esquinas en muro	4,5	13,6	2646,04	18,10
m02c09s05	Puentes térmicos - ventanas	4,5	13,6	2646,04	18,10

Tabla 11.115. Análisis de sombreados en la fase BETA del modelo 02

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m02c10s01	Sombreados - persiana SUR	11,1	8,2	2821,47	19,30



Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m02c10s02	Sombreados - persiana solo estacional	4,5	8,2	1856,61	12,70
m02c10s03	Sombreados -sombras 0,3	5,3	12,2	2558,33	17,50
m02c10s05	Sombreados -sombras 0,5	5,4	11,6	2485,23	17,00
m02c10s07	Sombreados -sombras 1 + 0,75	7,4	9,8	2514,47	17,20
m02c10s08	Sombreados -sombras 0,8 + 0,6	6,5	10,3	2455,99	16,80
m02c_gamma_s01	Modelo inicial para fase gamma 01	6,5	10,3	2455,99	16,80

11.2.3. Fase BETA del modelo 02+

Tabla 11.116. Combinación de soluciones en la fase BETA del modelo 02+

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
	MISA	99,06	28,92	18032,38	127,98
	MI HE 2013 según normativa	26,90	20,00	6608,21	46,90
	MI HE 2013 calculado	0,74	7,09	1103,25	7,83
m02+c08s01	Orientación	89,29	20,06	15407,42	109,35
m02+c08s02	Fachadas	34,62	10,65	6378,54	45,27
m02+c08s03	Tabiques 1	34,62	10,65	6378,54	45,27
m02+c08s04	Tabiques 2	31,21	10,82	5922,03	42,03
m02+c08s05	Solera	29,65	12,55	5945,98	42,20
m02+c08s06	Cubierta	15,67	10,55	3694,40	26,22
m02+c08s07	Vidrios v1	19,9	2,75	3191,39	22,65
m02+c08s08	Vidrios v2	14,72	3,72	2598,20	18,44
m02+c08s09	Marcos	13,18	3,72	2381,21	16,90
m02+c08s10	Sombreado huecos	13,18	3,72	2381,21	16,90
m02+c08s11	Protecciones	13,3	0,97	2010,64	14,27
m02+c08s12	Condiciones ventilación	5,81	0,48	886,26	6,29
m02+c08s13	Recuperador de calor	2,17	0,19	332,52	2,36

Tabla 11.117. Análisis de puentes térmicos en la fase BETA del modelo 02+

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m02+c09s01	Puentes térmicos - Análisis numérico	1,79	0,19	278,98	1,98
m02+c09s01	Puentes térmicos - Análisis numérico corregido	1,85	0,18	286,03	2,03

Tabla 11.118. Simulaciones finales en la fase BETA del modelo 02+

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m02+c11s01	Aumento solera a 6 cm	1,71	0,39	295,89	2,10
m02+c11s02	Puentes térmicos - Análisis numérico	1,67	0,39	290,25	2,06
m02+c09s01	Puentes térmicos - Análisis numérico corregido	1,85	0,18	286,03	2,03
m02+c_gamma_s01	Modelo inicial para fase gamma 01 - Simplificada	1,85	0,18	286,03	2,03
m02+c_gamma_s01	Modelo inicial para fase gamma 01 - Completa	1,85	0,2	288,85	2,05

11.2.4. Fase BETA del modelo 03

Tabla 11.119. Combinación de soluciones en la fase BETA del modelo 03

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
	MISA	179,59	57,70	101090,29	237,29
	MI HE 2013 según normativa			74510,90	174,90
	MI HE 2013 calculado	7,70	12,29	8516,14	19,99
m03c08s01	Perfil de uso	179,59	38,54	92927,74	218,13
m03c08s02	Recuperador de calor	60,69	24,87	36450,27	85,56
m03c08s03	Orientación	56,22	20,21	32560,71	76,43
m03c08s04	Fachadas	25,13	19,24	18902,51	44,37
m03c08s05	Tabiques 1 + 2	25,08	19,32	18915,29	44,40
m03c08s06	Solera	25,75	18,14	18698,02	43,89
m03c08s07	Cubierta	15,41	18,82	14582,66	34,23
m03c08s08	Vidrios	13,13	10,53	10079,63	23,66
m03c08s09	Marcos 1	11,63	10,88	9589,71	22,51
m03c08s10	Marcos 2	10,32	11,06	9108,31	21,38
m03c08s11	Sombreado huecos	10,56	10,19	8839,92	20,75
m03c08s12	Protecciones	10,56	4,87	6573,49	15,43

Tabla 11.120. Simulaciones finales en la fase BETA del modelo 03

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m03c11s01	Puentes térmicos - Análisis numérico	8,38	5,4	5870,56	13,78
m03c11s03	Verificación condensaciones	7,52	7,27	6300,84	14,79
m03c11s04	Puentes térmicos - Análisis numérico corregido	7,26	7,38	6236,93	14,64
m03c11s05	Optimizado puertas	7,26	7,38	6236,93	14,64
m03c_gamma_s01	Modelo inicial para fase gamma 01	7,26	7,38	6236,93	14,64
m04c_gamma_s02	Modelo inicial para fase gamma 01 Simulación completa	7,23	7,39	6228,41	14,62
	Modelo pre adaptado al uso y orientación	5,97	8,09	5989,84	14,06

11.2.5. Fase BETA del modelo 04

Tabla 11.121. Combinación de soluciones en la fase BETA del modelo 04

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	(kWh / año)	kWh / (m ² ·año)
	MISA	91,34	36,73	77509,24	128,07
	MI HE 2013 según normativa			65786,33	108,70
m04c08s01	Orientación	88,36	28,99	71021,39	117,35
m04c08s02	Fachadas	50,79	24,24	45408,91	75,03
m04c08s03	Tabiques 1	50,28	24,22	45088,15	74,50
m04c08s04	Tabiques 2	49,41	24,31	44616,08	73,72
m04c08s05	Solera	48,95	25,11	44821,85	74,06
m04c08s06	Cubierta	41,39	23,68	39381,01	65,07
m04c08s07	Vidrios	44,41	14,3	35531,88	58,71
m04c08s08	Marcos	43,18	14,37	34829,84	57,55
m04c08s09	Sombreado huecos	43,69	13,9	34854,04	57,59
m04c08s10	Protecciones	43,69	11,58	33449,96	55,27
m04c08s11	Recuperador de calor	4,03	9,26	8043,24	13,29



Tabla 11.122. Análisis de puentes térmicos en la fase BETA del modelo 04

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	(kWh / año)	kWh / (m ² ·año)
m04c09s01	Puentes térmicos - Análisis numérico	2,33	10,34	7668,01	12,67
m04c09s02	Puentes térmicos - Análisis numérico corregido	2,4	10,29	7680,11	12,69

Tabla 11.123. Simulaciones de free cooling en la fase BETA del modelo 04

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	(kWh / año)	kWh / (m ² ·año)
m04c10s01	Free cooling def	2,67	1,92	2777,91	4,59
m04c10s02	Var ajuste horarios	2,48	2,16	2808,17	4,64
m04c10s03	Var ajuste horarios 2	2,44	2,23	2826,33	4,67
m04c10s04	Var ajuste horarios original + may y oct parcial	2,92	0,93	2330,06	3,85
m04c10s05	Var ajuste horarios original + may y oct parcial 2	2,72	0,96	2227,17	3,68

Tabla 11.124. Simulaciones finales en la fase BETA del modelo 04

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	(kWh / año)	kWh / (m ² ·año)
m04c11s01	Comprobación condensaciones	2,72	0,96	2227,17	3,68
m04c11s02	Comprobación forjados interiores 2,5 cm de corcho expandido	2,82	0,91	2257,43	3,73
m04c11s03	Ajuste puertas	2,82	0,91	2257,43	3,73
m04c11s04	Ajuste puentes térmicos	2,82	0,91	2257,43	3,73
m04c11s05	Gamma inicial simulación simplificada	2,82	0,91	2257,43	3,73
m04c11s06	Gamma inicial simulación completa	2,82	0,92	2263,49	3,74
m04c_gamma_s01	Modelo inicial para fase gamma 01	2,82	0,91	2257,43	3,73

11.2.6. Fase BETA del modelo 05

Tabla 11.125. Combinación de soluciones en la fase BETA del modelo 05

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
	MISA	143,15	89,98	416897,48	233,13
	MI HE 2013 según normativa			198818,03	111,18
m05c08s01	Orientación	143,08	86,02	409689,22	229,10
m05c08s02	Fachadas	130,90	83,86	384046,72	214,76
m05c08s03	Tabiques 1	130,82	83,92	384017,18	214,74
m05c08s04	Tabiques 2	130,81	83,99	384105,80	214,79
m05c08s05	Solera	130,72	84,42	384726,18	215,14
m05c08s06	Cubierta	130,69	84,48	384785,27	215,17
m05c08s07	Tejado nave	56,61	44,06	180029,28	100,67
m05c08s08	Forjados entreplanta	56,61	44,06	180029,28	100,67
m05c08s09	Vidrios	53,81	35,35	159438,47	89,16
m05c08s10	Marcos	53,38	35,40	158759,00	88,78
m05c08s11	Sombreado huecos	53,38	35,40	158759,00	88,78
m05c08s12	Protecciones	53,38	28,55	146499,05	81,92
m05c08s13	Recuperador de calor	0,50	39,48	71491,77	39,98

METODOLOGÍA DE DISEÑO Y ANÁLISIS DE SOLUCIONES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA CONSECUCCIÓN DE EDIFICIOS DE CONSUMO CASI NULO (NZEB)

Tabla 11.126. Análisis de puentes térmicos en la fase BETA del modelo 05

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m05c09s01	Puentes térmicos - análisis numérico	0,33	39,91	71964,45	40,24
m05c09s02	Puentes térmicos - análisis numérico corregido	0,35	39,80	71787,19	40,14

Tabla 11.127. Simulaciones de free cooling en la fase BETA del modelo 05

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m05c10s01	Free cooling defecto	1,50	27,72	52259,90	29,22
m05c10s02	Var 1	3,68	20,02	42392,85	23,71
m05c10s03	Var 2	9,91	15,66	45731,10	25,57
m05c10s04	Var 3	11,17	25,80	66115,12	36,97
m05c10s05	Var 4	87,82	19,01	191048,47	106,83
m05c10s06	Var 5	12,42	21,26	60236,25	33,68
m05c10s07	Var 6	8,61	21,43	53707,46	30,03
m05c10s08	Var 7	5,45	16,31	38906,89	21,76
m05c10s09	Var 8	7,25	14,77	39379,56	22,02
m05c10s10	Var 9	3,72	16,90	36868,48	20,62

Tabla 11.128. Simulaciones finales en la fase BETA del modelo 05

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m05c11s01	Comprobación condensaciones	3,83	17,43	38020,63	21,26
m05c11s02	Comprobación condensaciones 2	3,78	17,28	37666,12	21,06
m05c11s03	Ajuste puertas	3,78	17,28	37666,12	21,06
m05c11s04	Gamma inicial simulación simplificada	3,78	17,28	37666,12	21,06
m05c11s05	Gamma inicial simulación completa	3,80	17,40	37902,46	21,20
m05c_gamma_s01	Modelo inicial para fase gamma 01	3,78	17,28	37666,12	21,06

11.2.7. Fase BETA del modelo 06

Tabla 11.129. Combinación de soluciones en la fase BETA del modelo 06

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
	MISA	121,90	42,55	113965,49	164,45
	MI HE 2013 según normativa			86279,75	124,50
m06c08s01	Orientación	115,54	46,79	112496,31	162,33
m06c08s02	Fachadas	97,89	43,44	97943,10	141,33
m06c08s03	Tabiques 1	93,25	42,89	94346,38	136,14
m06c08s04	Tabiques 2	88,01	43	90791,24	131,01
m06c08s05	Solera	87,91	43,25	90895,19	131,16
m06c08s06	Cubierta	81,27	42,27	85614,46	123,54
m06c08s07	Tejado nave	81,15	41,41	84935,31	122,56
m06c08s08	Forjados entreplanta 1	80,24	41,63	84457,13	121,87
m06c08s09	Forjados entreplanta 2	79,42	42,19	84276,95	121,61
m06c08s10	Forjados entreplanta 3	53,79	52,29	73514,50	106,08
m06c08s11	Vidrios	44,71	32,07	53209,31	76,78



Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m06c08s12	Marcos	43,26	32,35	52398,49	75,61
m06c08s13	Sombreado huecos	46,25	27,94	51414,41	74,19
m06c08s14	Protecciones	46,25	12,21	40513,36	58,46
m06c08s15	Recuperador de calor	8,01	10,38	12744,45	18,39

Tabla 11.130. Análisis de puentes térmicos en la fase BETA del modelo 06

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m06c09s01	Puentes térmicos - análisis numérico	5,41	12,6	12481,11	18,01
m06c09s02	Puentes térmicos - análisis numérico corregido	5,45	12,55	12474,18	18,00

Tabla 11.131. Simulaciones de free cooling en la fase BETA del modelo 06

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m06c10s01	Free cooling defecto	5,49	6,41	8246,82	11,90
m06c10s02	Var 1	5,52	3,28	6098,49	8,80

Tabla 11.132. Simulaciones finales en la fase BETA del modelo 06

Código de simulación	Descripción breve	Demanda invierno	Demanda verano	Demanda anual	Demanda anual / m ²
		kWh / (m ² ·año)	kWh / (m ² ·año)	kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m06c11s01	Comprobación condensaciones	5,52	3,28	6098,49	8,80
m06c11s02	Ajuste puertas	5,52	3,28	6098,49	8,80
m06c11s03	Gamma inicial simulación simplificada	5,52	3,28	6098,49	8,80
m06c11s04	Gamma inicial simulación completa	5,52	3,28	6098,49	8,80
m06c_gamma_s01	Modelo inicial para fase gamma 01	5,52	3,28	6098,49	8,80

11.3. Listados de simulaciones de la fase GAMMA

En los siguientes apartados se detallan las simulaciones de la fase GAMMA.

11.3.1. Fase GAMMA del modelo 01

Tabla 11.133. Simulaciones base – m01c0B

Código de simulación	Descripción breve	$C_{ep,nr}$	$C_{ep,nr}/m^2$
		kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m01base01 - HEO	MISA - evaluación consumos	38518,30	469,85
m01base01 - HEO DEF	MISA - evaluación consumos por defecto	23924,22	291,83
m01c0M13s01 - HEO	MI HE 2013 - evaluación consumos por defecto	5666,46	69,12
m01c_gamma_s01	Modelo inicial para fase gamma 01	2553,68	31,15

Tabla 11.134. Simulaciones con Hyperinverter – m01c1201

Código de simulación	Descripción breve	$C_{ep,nr}$	$C_{ep,nr}/m^2$
		kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m01c1201s01	REF. Hyperinverter EER	2098,69	25,6
m01c1201s02	REF y CAL. Hyperinverter EER y COP	1703,54	20,78
m01c1201s03	REF. Hyperinverter SEER	1997,03	24,36
m01c1201s04	REF y CAL. Hyperinverter SEER y SCOP	1622,38	19,79

Tabla 11.135. Simulaciones con Aerotermia – m01c1202

Código de simulación	Descripción breve	$C_{ep,nr}$	$C_{ep,nr}/m^2$
		kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m01c1202s01	REF. Aerotermia EER	2210,18	26,96
m01c1202s02	REF y CAL. Aerotermia EER y COP	1806,84	22,04
m01c1202s03	REF. Aerotermia SEER	2052,78	25,04
m01c1202s04	REF Y CAL. Aerotermia SEER y SCOP	1637,96	19,98
m01c1202s05	REF, CAL y ACS. Aerotermia EER y COP	1174,77	14,33
m01c1202s06	REF, CAL y ACS. Aerotermia SEER y SCOP	977,20	11,92

Tabla 11.136. Simulaciones con Geotérmica – m01c1203

Código de simulación	Descripción breve	$C_{ep,nr}$	$C_{ep,nr}/m^2$
		kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m01c1203s01	REF, CAL y ACS. Geotérmica EER y COP	1032,95	12,6
m01c1203s02	REF, CAL y ACS. Geotérmica SEER y SCOP	921,46	11,24

Tabla 11.137. Simulaciones con Biomasa – m01c1205

Código de simulación	Descripción breve	$C_{ep,nr}$	$C_{ep,nr}/m^2$
		kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m01c1205s01	CAL. Biomasa Pellets	2001,95	24,42
m01c1205s02	CAL. Biomasa Astillas	1976,54	24,11
m01c1205s03	CAL y ACS. Biomasa Pellets	985,40	12,02
m01c1205s04	CAL y ACS. Biomasa Astillas	894,40	10,91



Tabla 11.138. Simulaciones con otros combustibles – m01c1206

Código de simulación	Descripción breve	$C_{ep,nr}$	$C_{ep,nr} / m^2$
		kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m01c1206s01	CAL. Caldera eléctrica	2903,73	35,42
m01c1206s02	CAL y ACS. Caldera eléctrica	4218,69	51,46
m01c1206s03	CAL. Caldera gasóleo	2535,64	30,93
m01c1206s04	CAL y ACS. Caldera gasóleo	2898,81	35,36
m01c1206s05	CAL. Caldera gasóleo cond	2466,78	30,09
m01c1206s06	CAL y ACS. Caldera gasóleo cond	2855,36	34,83
m01c1206s07	CAL y ACS. Caldera gas (rend al 30%)	2465,96	30,08
m01c1206s08	CAL y ACS. Caldera gas (rend al 30%)	2647,95	32,3

Tabla 11.139. Simulaciones con Solar térmica – m01c1401

Código de simulación	Descripción breve	$C_{ep,nr}$	$C_{ep,nr} / m^2$
		kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m01c1401s01	Solar 0%	4240,83	51,73
m01c1401s02	Solar 20%	3678,44	44,87
m01c1401s03	Solar 40%	3116,06	38,01
m01c1401s04	Solar 60%	2553,68	31,15
m01c1401s05	Solar 80%	1991,29	24,29
m01c1401s06	Solar 90%	1710,10	20,86
m01c1401s07	Solar 90% demanda calculada	1567,46	19,12
m01c1401s08	Solar 100%	1428,91	17,43

11.3.2. Fase GAMMA del modelo 02

Tabla 11.140. Simulaciones base – m02c0B

Código de simulación	Descripción breve	$C_{ep,nr}$	$C_{ep,nr} / m^2$
		kWh / año	kWh/(m ² ·año)
m02base01 - HEO	MISA - evaluación consumos	57825,4545	395,55
m02base01 - HEO DEF	MISA - evaluación consumos por defecto	36537,2667	249,93
m02c_gamma_s01	Modelo inicial para fase gamma 01	4400,319	30,1

Tabla 11.141. Simulaciones con Hyperinverter – m02c1201

Código de simulación	Descripción breve	$C_{ep,nr}$	$C_{ep,nr} / m^2$
		kWh / año	kWh/(m ² ·año)
m02c1201s01	REF. Hyperinverter EER	3596,274	24,6
m02c1201s02	REF y CAL. Hyperinverter EER y COP	2777,61	19
m02c1201s03	REF. Hyperinverter SEER	3420,846	23,4
m02c1201s04	REF y CAL. Hyperinverter SEER y SCOP	2631,42	18

Tabla 11.142. Simulaciones con Aerotermia – m02c1202

Código de simulación	Descripción breve	$C_{ep,nr}$	$C_{ep,nr} / m^2$
		kWh / año	kWh/(m ² ·año)
m02c1202s01	REF. Aerotermia EER	3786,321	25,9

**METODOLOGÍA DE DISEÑO Y ANÁLISIS DE SOLUCIONES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA
PARA LA CONSECUCCIÓN DE EDIFICIOS DE CONSUMO CASI NULO (NZEB)**

Código de simulación	Descripción breve	$C_{ep,nr}$	$C_{ep,nr}/m^2$
		kWh / año	kWh/(m ² ·año)
m02c1202s02	REF y CAL. Aerotermia EER y COP	2953,038	20,2
m02c1202s03	REF. Aerotermia SEER	3508,56	24
m02c1202s04	REF Y CAL. Aerotermia SEER y SCOP	2646,039	18,1
m02c1202s05	REF, CAL y ACS. Aerotermia EER y COP	1944,327	13,3
m02c1202s06	REF, CAL y ACS. Aerotermia SEER y SCOP	1593,471	10,9

Tabla 11.143. Simulaciones con Geotérmica – m02c1203

Código de simulación	Descripción breve	$C_{ep,nr}$	$C_{ep,nr}/m^2$
		kWh / año	kWh/(m ² ·año)
m02c1203s01	REF, CAL y ACS. Geotérmica EER y COP	1681,185	11,5
m02c1203s02	REF, CAL y ACS. Geotérmica SEER y SCOP	1505,757	10,3

Tabla 11.144. Simulaciones con Biomasa – m02c1205

Código de simulación	Descripción breve	$C_{ep,nr}$	$C_{ep,nr}/m^2$
		kWh / año	kWh/(m ² ·año)
m02c1205s01	CAL. Biomasa Pellets	3260,037	22,3
m02c1205s02	CAL. Biomasa Astillas	3201,561	21,9
m02c1205s03	CAL y ACS. Biomasa Pellets	1710,423	11,7
m02c1205s04	CAL y ACS. Biomasa Astillas	1564,233	10,7

Tabla 11.145. Simulaciones con otros combustibles – m02c1206

Código de simulación	Descripción breve	$C_{ep,nr}$	$C_{ep,nr}/m^2$
		kWh / año	kWh/(m ² ·año)
m02c1206s01	CAL. Caldera eléctrica	6125,361	41,9
m02c1206s02	CAL y ACS. Caldera eléctrica	6783,216	46,4
m02c1206s03	CAL. Caldera gasóleo	4356,462	29,8
m02c1206s04	CAL y ACS. Caldera gasóleo	4707,318	32,2
m02c1206s05	CAL. Caldera gasóleo cond	4327,224	29,6
m02c1206s06	CAL y ACS. Caldera gasóleo cond	4604,985	31,5
m02c1206s07	CAL. Caldera Gas	4371,081	29,9
m02c1206s08	CAL y ACS. Caldera Gas	4736,556	32,4
m02c1206s09	CAL y ACS. Caldera gas (rend al 30%)	4224,891	28,9
m02c1206s10	CAL y ACS. Caldera gas (rend al 30%)	4312,605	29,5

Tabla 11.146. Simulaciones con Solar térmica – m02c1401

Código de simulación	Descripción breve	$C_{ep,nr}$	$C_{ep,nr}/m^2$
		kWh / año	kWh/(m ² ·año)
m02c1401s01	Solar 0%	6929,406	47,4
m02c1401s02	Solar 20%	6081,504	41,6
m02c1401s03	Solar 40%	5248,221	35,9
m02c1401s04	Solar 60%	4400,319	30,1
m02c1401s05	Solar 80%	3552,417	24,3
m02c1401s06	Solar 90%	3128,466	21,4
m02c1401s07	Solar 100%	2719,134	18,6



11.3.3. Fase GAMMA del modelo 02+

Tabla 11.147. Simulaciones base – m02+c0B

Código de simulación	Descripción breve	$C_{ep,nr}$	$C_{ep,nr}/m^2$
		kWh/año	kWh/(m ² ·año)
m02+base01 - HEO	MISA - evaluación consumos	31082,54	220,6
m02+base01 - HEO DEF	MISA - evaluación consumos por defecto	25826,97	183,3
m02+c_gamma_s01	Modelo inicial para fase gamma 01	1845,79	13,1

Tabla 11.148. Simulaciones con Hyperinverter – m02+c1201

Código de simulación	Descripción breve	$C_{ep,nr}$	$C_{ep,nr}/m^2$
		kWh/año	kWh/(m ² ·año)
m02+c1 201s01	REF. Hyperinverter EER	1817,61	12,9
m02+c1 201s02	REF y CAL. Hyperinverter EER y COP	1775,34	12,6
m02+c1 201s03	REF. Hyperinverter SEER	1803,52	12,8
m02+c1 201s04	REF y CAL. Hyperinverter SEER y SCOP	1775,34	12,6

Tabla 11.149. Simulaciones con Aerotermia – m02+c1202

Código de simulación	Descripción breve	$C_{ep,nr}$	$C_{ep,nr}/m^2$
		kWh/año	kWh/(m ² ·año)
m02+c1 202s01	REF. Aerotermia EER	1817,61	12,9
m02+c1 202s02	REF y CAL. Aerotermia EER y COP	1803,52	12,8
m02+c1 202s03	REF. Aerotermia SEER	1817,61	12,9
m02+c1 202s04	REF Y CAL. Aerotermia SEER y SCOP	1789,43	12,7
m02+c1 202s05	REF, CAL y ACS. Aerotermia EER y COP	619,96	4,4
m02+c1 202s06	REF, CAL y ACS. Aerotermia SEER y SCOP	577,69	4,1

Tabla 11.150. Simulaciones con Geotérmica – m02+c1203

Código de simulación	Descripción breve	$C_{ep,nr}$	$C_{ep,nr}/m^2$
		kWh/año	kWh/(m ² ·año)
m02+c1 203s01	REF, CAL y ACS. Geotérmica EER y COP	619,96	4,4
m02+c1 203s02	REF, CAL y ACS. Geotérmica SEER y SCOP	563,6	4

Tabla 11.151. Simulaciones con Biomasa – m02+c1205

Código de simulación	Descripción breve	$C_{ep,nr}$	$C_{ep,nr}/m^2$
		kWh/año	kWh/(m ² ·año)
m02+c1 205s01	CAL. Biomasa Pellets	1789,43	12,7
m02+c1 205s02	CAL. Biomasa Astillas	1789,43	12,7
m02+c1 205s03	CAL y ACS. Biomasa Pellets	183,17	1,3
m02+c1 205s04	CAL y ACS. Biomasa Astillas	112,72	0,8

METODOLOGÍA DE DISEÑO Y ANÁLISIS DE SOLUCIONES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA CONSECUCCIÓN DE EDIFICIOS DE CONSUMO CASI NULO (NZEB)

Tabla 11.152. Simulaciones con otros combustibles – m02+c1206

Código de simulación	Descripción breve	$C_{ep,nr}$	$C_{ep,nr}/m^2$
		kWh/año	kWh/(m ² ·año)
m02+c1206s01	CAL. Caldera eléctrica	1873,97	13,3
m02+c1206s02	CAL y ACS. Caldera eléctrica	2832,09	20,1
m02+c1206s04	CAL Gas natural + ACS Gasóleo C	1747,16	12,4
m02+c1206s07	CAL. Caldera Gas	1831,7	13
m02+c1206s08	CAL y ACS. Caldera Gas	1761,25	12,5
m02+c1206s09	CAL y ACS. Caldera gas (rend al 30%)	1831,7	13
m02+c1206s10	CAL y ACS. Caldera gas (rend al 30%)	1549,9	11

Tabla 11.153. Simulaciones con Solar térmica – m02+c1401

Código de simulación	Descripción breve	$C_{ep,nr}$	$C_{ep,nr}/m^2$
		kWh/año	kWh/(m ² ·año)
m02+c1401s01	Solar 0%	4438,35	31,5
m02+c1401s02	Solar 20%	3564,77	25,3
m02+c1401s03	Solar 40%	2705,28	19,2
m02+c1401s04	Solar 60%	1845,79	13,1
m02+c1401s05	Solar 80%	986,3	7
m02+c1401s06	Solar 90%	549,51	3,9
m02+c1401s07	Solar 100%	126,81	0,9

11.3.4. Fase GAMMA del modelo 03

Tabla 11.154. Simulaciones base – m03c0B

Código de simulación	Descripción breve	$C_{ep,nr}$	$C_{ep,nr}/m^2$
		kWh/año	kWh/(m ² ·año)
m03base01 - HE0	MISA - evaluación consumos	173475,344	407,2
m03base01 - HE0 DEF	MISA - evaluación consumos por defecto	137519,256	322,8
m03c_gamma_s01	Modelo inicial para fase gamma 01	7796,166	18,3

Tabla 11.155. Simulaciones con Hyperinverter – m03c1201

Código de simulación	Descripción breve	$C_{ep,nr}$	$C_{ep,nr}/m^2$
		kWh/año	kWh/(m ² ·año)
m03c1201s01	REF. Hyperinverter EER	6347,698	14,9
m03c1201s02	REF y CAL. Hyperinverter EER y COP	3748,976	8,8
m03c1201s03	REF. Hyperinverter SEER	5793,872	13,6
m03c1201s04	REF y CAL. Hyperinverter SEER y SCOP	3067,344	7,2

Tabla 11.156. Simulaciones con Aerotermia – m03c1202

Código de simulación	Descripción breve	$C_{ep,nr}$	$C_{ep,nr}/m^2$
		kWh/año	kWh/(m ² ·año)
m03c1202s01	REF. Aerotermia EER	6432,902	15,1
m03c1202s02	REF y CAL. Aerotermia EER y COP	5069,638	11,9
m03c1202s03	REF. Aerotermia SEER	5793,872	13,6



Código de simulación	Descripción breve	$C_{ep,nr}$	$C_{ep,nr}/m^2$
		kWh/año	kWh/(m ² ·año)
m03c1 202s04	REF Y CAL. Aerotermia SEER y SCOP	4089,792	9,6

Tabla 11.157. Simulaciones con Geotérmica – m03c1203

Código de simulación	Descripción breve	$C_{ep,nr}$	$C_{ep,nr}/m^2$
		kWh/año	kWh/(m ² ·año)
m03c1 203s01	REF y CAL. Geotérmica EER y COP	3961,986	9,3
m03c1 203s02	REF y CAL. Geotérmica SEER y SCOP	3493,364	8,2

Tabla 11.158. Simulaciones con VRV – m03c1204

Código de simulación	Descripción breve	$C_{ep,nr}$	$C_{ep,nr}/m^2$
		kWh/año	kWh/(m ² ·año)
m03c1 204s01	REF y CAL. VRV	2257,906	5,3

Tabla 11.159. Simulaciones con Biomasa – m03c1205

Código de simulación	Descripción breve	$C_{ep,nr}$	$C_{ep,nr}/m^2$
		kWh/año	kWh/(m ² ·año)
m03c1 205s01	CAL. Biomasa Pellets	3621,17	8,5
m03c1 205s02	CAL. Biomasa Astillas	3450,762	8,1

Tabla 11.160. Simulaciones con otros combustibles – m03c1206

Código de simulación	Descripción breve	$C_{ep,nr}$	$C_{ep,nr}/m^2$
		kWh/año	kWh/(m ² ·año)
m03c1 206s01	CAL. Caldera eléctrica	9116,828	21,4
m03c1 206s02	CAL. Caldera gas	6901,524	16,2
m03c1 206s03	CAL. Caldera gas (condensación)	6645,912	15,6

Tabla 11.161. Simulaciones con Rooftop – m03c1207

Código de simulación	Descripción breve	$C_{ep,nr}$	$C_{ep,nr}/m^2$
		kWh/año	kWh/(m ² ·año)
m03c1 207s01	REF. Rooftop EER y COP	6432,902	15,1
m03c1 207s02	REF y CAL. Rooftop EER y COP	4004,588	9,4

11.3.5. Fase GAMMA del modelo 04

Tabla 11.162. Simulaciones base – m04c0B

Código de simulación	Descripción breve	C _{ep,nr}	
		kWh/año	kWh/ (m ² ·año)
m04base01 - HEO	MISA - evaluación consumos	229374,59	379
m04base01 - HEO DEF	MISA - evaluación consumos por defecto	129696,50	214,3
m04c_gamma_s01	Modelo inicial para fase gamma 01	28686,95	47,4

Tabla 11.163. Simulaciones con Hyperinverter – m04c1201

Código de simulación	Descripción breve	C _{ep,nr}	
		kWh/año	kWh/ (m ² ·año)
m04c1201s01	REF. Hyperinverter EER	28263,31	46,7
m04c1201s02	REF y CAL. Hyperinverter EER y COP	26871,32	44,4
m04c1201s03	REF. Hyperinverter SEER	28142,27	46,5
m04c1201s04	REF y CAL. Hyperinverter SEER y SCOP	26871,32	44,4

Tabla 11.164. Simulaciones con Aerotermia – m04c1202

Código de simulación	Descripción breve	C _{ep,nr}	
		kWh/año	kWh/ (m ² ·año)
m04c1202s01	REF. Aerotermia EER	28384,35	46,9
m04c1202s02	REF y CAL. Aerotermia EER y COP	27476,53	45,4
m04c1202s03	REF. Aerotermia SEER	28202,79	46,6
m04c1202s04	REF Y CAL. Aerotermia SEER y SCOP	27234,45	45
m04c1202s05	REF, CAL y ACS. Aerotermia EER y COP	9864,92	16,3
m04c1202s06	REF, CAL y ACS. Aerotermia SEER y SCOP	9199,19	15,2

Tabla 11.165. Simulaciones con Geotérmica – m04c1203

Código de simulación	Descripción breve	C _{ep,nr}	
		kWh/año	kWh/ (m ² ·año)
m04c1203s01	REF, CAL y ACS. Geotérmica EER y COP	9925,44	16,4
m04c1203s02	REF, CAL y ACS. Geotérmica SEER y SCOP	9078,15	15

Tabla 11.166. Simulaciones con VRV – m04c1204

Código de simulación	Descripción breve	C _{ep,nr}	
		kWh/año	kWh/ (m ² ·año)
m04c1204s01	Ref y CAL. VRV	26508,20	43,8

Tabla 11.167. Simulaciones con Biomasa – m04c1205

Código de simulación	Descripción breve	C _{ep,nr}	
		kWh/año	kWh/ (m ² ·año)
m04c1205s01	CAL. Biomasa Pellets	26568,72	43,9



Código de simulación	Descripción breve	$C_{ep,nr}$	$C_{ep,nr}/m^2$
		kWh/año	kWh/(m ² ·año)
m04c1205s02	CAL. Biomasa Astillas	26508,20	43,8
m04c1205s03	CAL y ACS. Biomasa Pellets	2723,45	4,5
m04c1205s04	CAL y ACS. Biomasa Astillas	1573,55	2,6

Tabla 11.168. Simulaciones con otros combustibles – m04c1206

Código de simulación	Descripción breve	$C_{ep,nr}$	$C_{ep,nr}/m^2$
		kWh/año	kWh/(m ² ·año)
m04c1206s01	CAL. Caldera eléctrica	29352,69	48,5
m04c1206s02	CAL y ACS. Caldera eléctrica	43635,64	72,1
m04c1206s04	CAL Gas natural + ACS Gasóleo C	26931,85	44,5
m04c1206s07	CAL. Caldera Gas	28263,31	46,7
m04c1206s08	CAL y ACS. Caldera Gas	27173,93	44,9
m04c1206s09	CAL. Caldera gas (rend al 30%)	28021,22	46,3
m04c1206s10	CAL y ACS. Caldera gas (rend al 30%)	23784,75	39,3

Tabla 11.169. Simulaciones con Rooftop – m04c1207

Código de simulación	Descripción breve	$C_{ep,nr}$	$C_{ep,nr}/m^2$
		kWh/año	kWh/(m ² ·año)
m04c1207s01	REF. Rooftop EER y COP	28384,35	46,9
m04c1207s02	REF y CAL. Rooftop EER y COP	27294,97	45,1

Tabla 11.170. Simulaciones con Solar térmica – m04c1401

Código de simulación	Descripción breve	$C_{ep,nr}$	$C_{ep,nr}/m^2$
		kWh/año	kWh/(m ² ·año)
m04c1401s01	Solar 0%	67178,31	111
m04c1401s02	Solar 20%	54347,86	89,8
m04c1401s03	Solar 40%	41517,41	68,6
m04c1401s04	Solar 60%	28686,95	47,4
m04c1401s05	Solar 80%	15856,50	26,2
m04c1401s06	Solar 90%	9441,28	15,6
m04c1401s07	Solar 100%	3026,05	5

11.3.6. Fase GAMMA del modelo 05

Tabla 11.171. Simulaciones base – m05c0B

Código de simulación	Descripción breve	$C_{ep,nr}$	$C_{ep,nr}/m^2$
		kWh/año	kWh/(m ² ·año)
m05base01 - HEO	MISA - evaluación consumos	847561,56	473,96
m05base01 - HEO DEF	MISA - evaluación consumos por defecto	592613,63	331,39
m05c_gamma_s01	Modelo inicial para fase gamma 01	110487,29	61,78

METODOLOGÍA DE DISEÑO Y ANÁLISIS DE SOLUCIONES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA CONSECUCCIÓN DE EDIFICIOS DE CONSUMO CASI NULO (NZEB)

Tabla 11.172. Simulaciones con Aerotermia – m05c1202

Código de simulación	Descripción breve	$C_{ep,nr}$	$C_{ep,nr}/m^2$
		kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m05c1202s01	REF. Aerotermia EER	89512,43	50,06
m05c1202s02	REF y CAL. Aerotermia EER y COP	89807,85	50,22
m05c1202s03	REF. Aerotermia SEER	78286,45	43,78
m05c1202s04	REF Y CAL. Aerotermia SEER y SCOP	78286,45	43,78
m05c1202s05	REF, CAL y ACS. Aerotermia EER y COP	60856,63	34,03
m05c1202s06	REF, CAL y ACS. Aerotermia SEER y SCOP	45494,77	25,44

Tabla 11.173. Simulaciones con Geotérmica – m05c1203

Código de simulación	Descripción breve	$C_{ep,nr}$	$C_{ep,nr}/m^2$
		kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m05c1203s01	REF, CAL y ACS. Geotérmica EER y COP	43722,24	24,45
m05c1203s02	REF, CAL y ACS. Geotérmica SEER y SCOP	35745,89	19,99

Tabla 11.174. Simulaciones con Biomasa – m05c1205

Código de simulación	Descripción breve	$C_{ep,nr}$	$C_{ep,nr}/m^2$
		kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m05c1205s01	CAL. Biomasa Pellets	104578,88	58,48
m05c1205s02	CAL. Biomasa Astillas	104283,45	58,32
m05c1205s03	CAL y ACS. Biomasa Pellets	56720,75	31,72
m05c1205s04	CAL y ACS. Biomasa Astillas	54357,38	30,40

Tabla 11.175. Simulaciones con otros combustibles – m05c1206

Código de simulación	Descripción breve	$C_{ep,nr}$	$C_{ep,nr}/m^2$
		kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m05c1206s01	CAL. Caldera eléctrica	110782,71	61,95
m05c1206s02	CAL y ACS. Caldera eléctrica	139438,50	77,97
m05c1206s04	CAL Gas natural + ACS Gasóleo C	105760,56	59,14
m05c1206s07	CAL. Caldera Gas	108419,34	60,63
m05c1206s08	CAL y ACS. Caldera Gas	106055,98	59,31
m05c1206s09	CAL. Caldera gas (rend al 30%)	107828,50	60,30
m05c1206s10	CAL y ACS. Caldera gas (rend al 30%)	99556,73	55,67

Tabla 11.176. Simulaciones con Rooftop – m05c1207

Código de simulación	Descripción breve	$C_{ep,nr}$	$C_{ep,nr}/m^2$
		kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m05c1207s01	REF. Rooftop EER y COP	88330,75	49,39
m05c1207s02	REF y CAL. Rooftop EER y COP	86558,22	48,40



Tabla 11.177. Simulaciones con Solar térmica – m05c1401

Código de simulación	Descripción breve	$C_{ep,nr}$	$C_{ep,nr} / m^2$
		kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m05c1401s01	Solar 0%	187296,63	104,74
m05c1401s02	Solar 20%	161890,46	90,53
m05c1401s03	Solar 40%	136188,87	76,16
m05c1401s04	Solar 60%	110487,29	61,78
m05c1401s05	Solar 80%	84785,70	47,41
m05c1401s06	Solar 90%	72082,61	40,31
m05c1401s07	Solar 100%	59084,11	33,04

11.3.7. Fase GAMMA del modelo 06

Tabla 11.178. Simulaciones base – m06c0B

Código de simulación	Descripción breve	$C_{ep,nr}$	$C_{ep,nr} / m^2$
		kWh/año	kWh / (m ² ·año)
m06base01 - HEO	MISA - evaluación consumos	352949,99	509,30
m06base01 - HEO DEF	MISA - evaluación consumos por defecto	195013,01	281,40
m06c_gamma_s01	Modelo inicial para fase gamma 01	49273,01	71,10

Tabla 11.179. Simulaciones con Hyperinverter – m06c1201

Código de simulación	Descripción breve	$C_{ep,nr}$	$C_{ep,nr} / m^2$
		kWh/año	kWh / (m ² ·año)
m06c1201s01	REF. Hyperinverter EER	47748,39	68,90
m06c1201s02	REF y CAL. Hyperinverter EER y COP	44214,04	63,80
m06c1201s03	REF. Hyperinverter SEER	47332,58	68,30
m06c1201s04	REF y CAL. Hyperinverter SEER y SCOP	44006,14	63,50

Tabla 11.180. Simulaciones con Aerotermia – m06c1202

Código de simulación	Descripción breve	$C_{ep,nr}$	$C_{ep,nr} / m^2$
		kWh/año	kWh / (m ² ·año)
m06c1202s01	REF. Aerotermia EER	48094,89	69,40
m06c1202s02	REF y CAL. Aerotermia EER y COP	45738,66	66,00
m06c1202s03	REF. Aerotermia SEER	47609,79	68,70
m06c1202s04	REF Y CAL. Aerotermia SEER y SCOP	45114,95	65,10
m06c1202s05	REF, CAL y ACS. Aerotermia EER y COP	17602,45	25,40
m06c1202s06	REF, CAL y ACS. Aerotermia SEER y SCOP	16216,43	23,40

Tabla 11.181. Simulaciones con Geotérmica – m06c1203

Código de simulación	Descripción breve	$C_{ep,nr}$	$C_{ep,nr} / m^2$
		kWh/año	kWh / (m ² ·año)
m06c1203s01	REF, CAL y ACS. Geotérmica EER y COP	17394,55	25,10
m06c1203s02	REF, CAL y ACS. Geotérmica SEER y SCOP	15939,23	23,00

**METODOLOGÍA DE DISEÑO Y ANÁLISIS DE SOLUCIONES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA
PARA LA CONSECUCCIÓN DE EDIFICIOS DE CONSUMO CASI NULO (NZEB)**

Tabla 11.182. Simulaciones con VRV – m06c1204

Código de simulación	Descripción breve	C _{ep,nr}	C _{ep,nr} / m ²
		kWh/año	kWh/ (m ² ·año)
m06c1204s01	Ref y CAL. VRV	43174,52	62,30

Tabla 11.183. Simulaciones con Biomasa – m06c1205

Código de simulación	Descripción breve	C _{ep,nr}	C _{ep,nr} / m ²
		kWh/año	kWh/ (m ² ·año)
m06c1205s01	CAL. Biomasa Pellets	44075,44	63,60
m06c1205s02	CAL. Biomasa Astillas	43936,83	63,40
m06c1205s03	CAL y ACS. Biomasa Pellets	5890,59	8,50
m06c1205s04	CAL y ACS. Biomasa Astillas	4019,46	5,80

Tabla 11.184. Simulaciones con otros combustibles – m06c1206

Código de simulación	Descripción breve	C _{ep,nr}	C _{ep,nr} / m ²
		kWh/año	kWh/ (m ² ·año)
m06c1206s01	CAL. Caldera eléctrica	50936,24	73,50
m06c1206s02	CAL y ACS. Caldera eléctrica	73805,57	106,50
m06c1206s04	CAL Gas natural + ACS Gasóleo C	46085,17	66,50
m06c1206s07	CAL. Caldera Gas	48164,20	69,50
m06c1206s08	CAL y ACS. Caldera Gas	46431,67	67,00
m06c1206s09	CAL. Caldera gas (rend al 30%)	47609,79	68,70
m06c1206s10	CAL y ACS. Caldera gas (rend al 30%)	40818,29	58,90

Tabla 11.185. Simulaciones con Rooftop – m06c1207

Código de simulación	Descripción breve	C _{ep,nr}	C _{ep,nr} / m ²
		kWh/año	kWh/ (m ² ·año)
m06c1207s01	REF. Rooftop EER y COP	48094,89	69,40
m06c1207s02	REF y CAL. Rooftop EER y COP	45184,25	65,20

Tabla 11.186. Simulaciones con Solar térmica – m06c1401

Código de simulación	Descripción breve	C _{ep,nr}	C _{ep,nr} / m ²
		kWh/año	kWh/ (m ² ·año)
m06c1401s01	Solar 0%	110812,30	159,90
m06c1401s02	Solar 20%	90299,20	130,30
m06c1401s03	Solar 40%	69786,11	100,70
m06c1401s04	Solar 60%	49273,01	71,10
m06c1401s05	Solar 80%	28759,92	41,50
m06c1401s06	Solar 90%	18434,07	26,60
m06c1401s07	Solar 100%	8177,52	11,80



11.4. Listados de simulaciones de la fase DELTA

Los escenarios contemplados para la fase DELTA son los siguientes:

Tabla 11.187. Fase Delta del modelo 01

Código de simulación	Descripción breve	$C_{ep,nr}$	$C_{ep,nr}/m^2$
		kWh/año	kWh/(m ² ·año)
m01c1402s01	Escenario 1	0	0
m01c1402s02	Escenario 2	313,16	3,82
m01c1402s03	Escenario 3	573,86	7

Tabla 11.188. Fase Delta del modelo 02

Código de simulación	Descripción breve	$C_{ep,nr}$	$C_{ep,nr}/m^2$
		kWh/año	kWh/(m ² ·año)
m02c1402s01	Escenario 1	0	0
m02c1402s02	Escenario 2	1023,33	7
m02c1402s03	Escenario 3	1023,33	7

Tabla 11.189. Fase Delta del modelo 02+

Código de simulación	Descripción breve	$C_{ep,nr}$	$C_{ep,nr}/m^2$
		kWh/año	kWh/(m ² ·año)
m02c1402s01	Escenario 1 - Simplificada	0	0
m02c1402s02	Escenario 1 - Completa	0	0
m02c1402s03	Escenario 2 - Simplificada	324,07	2,3
m02c1402s04	Escenario 2 - Completa	324,07	2,3
m02c1402s05	Escenario 3 - Simplificada	183,17	1,3
m02c1402s06	Escenario 3 - Completa	183,17	1,3

Tabla 11.190. Fase Delta del modelo 03

Código de simulación	Descripción breve	$C_{ep,nr}$	$C_{ep,nr}/m^2$
		kWh/año	kWh/(m ² ·año)
m03c1402s01	Escenario 1 - Simplificada	3067,344	7,2
m03c1402s02	Escenario 1 - Completa	3067,344	7,2
m03c1402s03	Escenario 2 - Simplificada	3493,364	8,2
m03c1402s04	Escenario 2 - Completa	3493,364	8,2
m03c1402s05	Escenario 3 - Simplificada	0	0
m03c1402s06	Escenario 3 - Completa	0	0

Tabla 11.191. Fase Delta del modelo 04

Código de simulación	Descripción breve	$C_{ep,nr}$	$C_{ep,nr}/m^2$
		kWh/año	kWh/(m ² ·año)
m04c1402s01	Escenario 1 - Simplificada	5386,37	8,9
m04c1402s02	Escenario 1 - Completa	5386,37	8,9
m04c1402s03	Escenario 2 - Simplificada	1113,11	7,9
m04c1402s04	Escenario 2 - Completa	1127,2	8
m04c1402s05	Escenario 3 - Simplificada	0	0

**METODOLOGÍA DE DISEÑO Y ANÁLISIS DE SOLUCIONES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA
PARA LA CONSECUCCIÓN DE EDIFICIOS DE CONSUMO CASI NULO (NZEB)**

Código de simulación	Descripción breve	$C_{ep,nr}$	
		kWh/año	kWh/ (m ² ·año)
m04c1402s06	Escenario 3 - Completa	0	0

Tabla 11.192. Fase Delta del modelo 05

Código de simulación	Descripción breve	$C_{ep,nr}$	
		kWh / año	kWh / (m ² ·año)
m05c1402s01	Escenario 1 - Simplificada	36336,73	20,32
m05c1402s02	Escenario 1 - Completa	36336,73	20,32
m05c1402s03	Escenario 2 - Simplificada	30428,32	17,02
m05c1402s04	Escenario 2 - Completa	30428,32	17,02
m05c1402s05	Escenario 3 - Simplificada	0	0
m05c1402s06	Escenario 3 - Completa	0	0

Tabla 11.193. Fase Delta del modelo 06

Código de simulación	Descripción breve	$C_{ep,nr}$	
		kWh/año	kWh/ (m ² ·año)
m06c1402s01	Escenario 1 - Simplificada	10117,95	14,60
m06c1402s02	Escenario 1 - Completa	10117,95	14,60
m06c1402s03	Escenario 2 - Simplificada	8246,82	11,90
m06c1402s04	Escenario 2 - Completa	8246,82	11,90
m06c1402s05	Escenario 3 - Simplificada	0	0
m06c1402s06	Escenario 3 - Completa	0	0







Índice desglosado

1.	<i>Introducción</i>	11
1.1.	<i>Resumen</i>	13
1.2.	<i>Introducción</i>	14
1.3.	<i>Antecedentes</i>	16
1.4.	<i>Estructura de la Tesis Doctoral</i>	17
1.5.	<i>Objetivos de la Tesis Doctoral</i>	18
2.	<i>Contexto energético</i>	21
2.1.	<i>Introducción al contexto energético</i>	23
2.2.	<i>Cambio climático y calentamiento global</i>	23
2.2.1.	<i>Acuerdo sobre la realidad del cambio climático y su origen antropogénico</i>	27
2.2.2.	<i>Soluciones</i>	28
2.2.3.	<i>Convenio Marco de Cambio Climático de las Naciones Unidas y el Acuerdo de París</i>	29
2.3.	<i>El uso de la energía</i>	30
2.4.	<i>La eficiencia energética</i>	33
2.5.	<i>Acerca de los edificios</i>	34
2.6.	<i>Triple enfoque, social, económico y ecológico, aplicado a la eficiencia en edificios</i>	34
3.	<i>Edificios de consumo casi nulo</i>	37
3.1.	<i>Introducción a los edificios de consumo casi nulo</i>	39
3.2.	<i>Normativa asociada a la eficiencia energética en edificios</i>	39
3.2.1.	<i>Primeras normativas de eficiencia energética en edificios en España</i>	40
3.2.2.	<i>Directiva 2002/91/CEE</i>	40
3.2.3.	<i>Directiva 2010/31/UE</i>	41
3.2.4.	<i>Directiva 2012/27/UE</i>	41
3.2.5.	<i>Código Técnico de la Edificación</i>	42
3.2.6.	<i>RITE</i>	44
3.2.7.	<i>RD 235/2013</i>	45
3.2.8.	<i>Estado de la adopción de medidas para el desarrollo de los nZEB</i>	46
3.3.	<i>Definición de nZEB</i>	48
3.3.1.	<i>Tipologías de nZEB</i>	51
3.3.2.	<i>nZEB recomendado por la Unión Europea</i>	53
3.3.3.	<i>Estándares</i>	54
3.4.	<i>Herramientas para el desarrollo de los nZEB</i>	56
3.4.1.	<i>Project management</i>	56
3.4.2.	<i>IPD</i>	57
3.4.3.	<i>BIM</i>	57
3.4.4.	<i>Soluciones para la consecución de los nZEB</i>	58
4.	<i>Metodología de diseño</i>	61
4.1.	<i>Introducción a la metodología de diseño</i>	63
4.2.	<i>Metodología de diseño</i>	63
4.3.	<i>Enfoque de la metodología de diseño</i>	66
4.4.	<i>Consideraciones de la metodología</i>	66
4.5.	<i>Software para la simulación energética de edificios</i>	67

4.6.	<i>UNE-EN ISO 13790</i>	68
4.7.	<i>EnergyPlus</i>	69
4.8.	<i>Cypecad MEP y Cypetherm EPlus</i>	71
4.9.	<i>Condicionantes del procedimiento de cálculo</i>	71
4.9.1.	<i>Condicionantes del procedimiento de cálculo: Fases ALFA y BETA</i>	72
4.9.2.	<i>Condicionantes del procedimiento de cálculo: Fases GAMMA y DELTA</i>	72
4.10.	<i>Resultados previos</i>	73
4.11.	<i>Modelos de cálculo empleados</i>	74
4.11.1.	<i>Modelo 01</i>	75
4.11.2.	<i>Modelo 02</i>	77
4.11.3.	<i>Modelo 03</i>	78
4.11.4.	<i>Modelo 04</i>	79
4.11.5.	<i>Modelo 05</i>	81
4.11.6.	<i>Modelo 06</i>	82
4.11.7.	<i>Distribución de las Simulaciones según modelo</i>	84
4.12.	<i>Categorías de simulación</i>	85
5.	<i>Descripción de las simulaciones: Fase ALFA</i>	89
5.1.	<i>Descripción de la fase ALFA</i>	91
5.2.	<i>Fase ALFA del modelo 01</i>	93
5.2.1.	<i>Simulaciones Base – m01c0M</i>	98
5.2.2.	<i>Simulaciones de Orientación – m01c01</i>	98
5.2.3.	<i>Simulaciones de Paramentos verticales - Fachadas – m01c0201</i>	99
5.2.4.	<i>Simulaciones de Paramentos verticales - Tabiques – m01c0204</i>	99
5.2.5.	<i>Simulaciones de Paramentos verticales - Acabados – m01c0206</i>	100
5.2.6.	<i>Simulaciones de Paramentos horizontales en contacto con el terreno– m01c0301</i>	100
5.2.7.	<i>Simulaciones de Paramentos horizontales – Cubierta plana – m01c0302</i>	101
5.2.8.	<i>Simulaciones de Paramentos horizontales – Cubierta inclinada – m01c0303</i>	101
5.2.9.	<i>Simulaciones de Paramentos horizontales – Acabados – m01c0304</i>	102
5.2.10.	<i>Simulaciones de Huecos acristalados - Vidrios – m01c0401</i>	102
5.2.11.	<i>Simulaciones de Huecos acristalados - Marcos – m01c0401</i>	103
5.2.12.	<i>Simulaciones de Huecos acristalados - Sombreado – m01c0402</i>	103
5.2.13.	<i>Simulaciones de Huecos acristalados - Protecciones – m01c0403</i>	103
5.2.14.	<i>Simulaciones de Sombreados ajenos al edificio – m01c05</i>	104
5.2.15.	<i>Simulaciones de Rendimiento de las instalaciones de ventilación – m01c07</i>	104
5.3.	<i>Fase ALFA del modelo 02</i>	105
5.3.1.	<i>Simulaciones Base – m02c0M</i>	107
5.3.2.	<i>Simulaciones de Orientación – m02c01</i>	107
5.3.3.	<i>Simulaciones de Paramentos verticales - Fachadas – m02c0201</i>	108
5.3.4.	<i>Simulaciones de Paramentos verticales - Tabiques – m02c0204</i>	108
5.3.5.	<i>Simulaciones de Paramentos verticales - Tabiques en contacto con zonas no habitables – m02c0205</i>	109
5.3.6.	<i>Simulaciones de Paramentos verticales - Acabados – m02c0206</i>	109
5.3.7.	<i>Simulaciones de Paramentos horizontales en contacto con el terreno– m02c0301</i>	110



5.3.8.	<i>Simulaciones de Paramentos horizontales – Cubierta plana – m02c0302</i>	110
5.3.9.	<i>Simulaciones de Paramentos horizontales – Acabados – m02c0304</i>	111
5.3.10.	<i>Simulaciones de Huecos acristalados - Vidrios – m02c0401</i>	111
5.3.11.	<i>Simulaciones de Huecos acristalados - Marcos – m02c0401</i>	112
5.3.12.	<i>Simulaciones de Huecos acristalados - Sombreado – m02c0402</i>	112
5.3.13.	<i>Simulaciones de Huecos acristalados - Protecciones – m02c0403</i>	113
5.3.14.	<i>Simulaciones de Sombreados ajenos al edificio – m02c05</i>	113
5.3.15.	<i>Simulaciones de Definición de recintos – m02c06</i>	114
5.3.16.	<i>Simulaciones de Rendimiento de las instalaciones de ventilación – m02c07</i>	114
5.4.	<i>Fase ALFA del modelo 02+</i>	115
5.4.1.	<i>Simulaciones Base – m02+c0M</i>	118
5.4.2.	<i>Simulaciones de Orientación – m02+c01</i>	118
5.4.3.	<i>Simulaciones de Paramentos verticales - Fachadas – m02+c0201</i>	119
5.4.4.	<i>Simulaciones de Paramentos verticales - Comprobación inercia – m02+c0202</i>	119
5.4.5.	<i>Simulaciones de Paramentos verticales - Tabiques – m02+c0204</i>	120
5.4.6.	<i>Simulaciones de Paramentos verticales - Tabiques en contacto con zonas no habitables – m02+c0205</i>	120
5.4.7.	<i>Simulaciones de Paramentos horizontales en contacto con el terreno– m02+c0301</i>	121
5.4.8.	<i>Simulaciones de Paramentos horizontales – Cubierta plana – m02+c0302</i>	121
5.4.9.	<i>Simulaciones de Paramentos horizontales - Comprobación inercia – m02+c0306</i>	122
5.4.10.	<i>Simulaciones de Huecos acristalados - Vidrios – m02+c0401</i>	122
5.4.11.	<i>Simulaciones de Huecos acristalados - Marcos – m02+c0401</i>	123
5.4.12.	<i>Simulaciones de Huecos acristalados - Sombreado – m02+c0402</i>	123
5.4.13.	<i>Simulaciones de Huecos acristalados - Protecciones – m02+c0403</i>	124
5.4.14.	<i>Simulaciones de Definición de recintos – m02+c06</i>	124
5.4.15.	<i>Simulaciones de Rendimiento de las instalaciones de ventilación – m02+c07</i>	124
5.5.	<i>Fase ALFA del modelo 03</i>	125
5.5.1.	<i>Simulaciones Base – m03c0M</i>	127
5.5.2.	<i>Simulaciones de Orientación – m03c01</i>	127
5.5.3.	<i>Simulaciones de Paramentos verticales - Fachadas – m03c0201</i>	128
5.5.4.	<i>Simulaciones de Paramentos verticales - Comprobación inercia – m03c0202</i>	128
5.5.5.	<i>Simulaciones de Paramentos verticales - Tabiques – m03c0204</i>	129
5.5.6.	<i>Simulaciones de Paramentos verticales - Tabiques en contacto con zonas no habitables – m03c0205</i>	129
5.5.7.	<i>Simulaciones de Paramentos horizontales en contacto con el terreno– m03c0301</i>	130
5.5.8.	<i>Simulaciones de Paramentos horizontales – Cubierta plana – m03c0302</i>	130
5.5.9.	<i>Simulaciones de Paramentos horizontales - Comprobación inercia – m03c0306</i>	131
5.5.10.	<i>Simulaciones de Huecos acristalados - Vidrios – m03c0401</i>	131
5.5.11.	<i>Simulaciones de Huecos acristalados - Marcos – m03c0401</i>	132
5.5.12.	<i>Simulaciones de Huecos acristalados - Sombreado – m03c0402</i>	132
5.5.13.	<i>Simulaciones de Huecos acristalados - Protecciones – m03c0403</i>	132
5.5.14.	<i>Simulaciones de Definición de recintos – m03c06</i>	133
5.5.15.	<i>Simulaciones de Rendimiento de las instalaciones de ventilación – m03c07</i>	133
5.6.	<i>Fase ALFA del modelo 04</i>	134

5.6.1.	<i>Simulaciones Base – m04c0M</i>	135
5.6.2.	<i>Simulaciones de Orientación – m04c01</i>	135
5.6.3.	<i>Simulaciones de Paramentos verticales - Fachadas – m04c0201</i>	136
5.6.4.	<i>Simulaciones de Paramentos verticales - Comprobación inercia – m04c0202</i>	136
5.6.5.	<i>Simulaciones de Paramentos verticales - Tabiques – m04c0204</i>	137
5.6.6.	<i>Simulaciones de Paramentos verticales - Tabiques en contacto con zonas no habitables – m04c0205</i>	137
5.6.7.	<i>Simulaciones de Paramentos horizontales en contacto con el terreno– m04c0301</i>	137
5.6.8.	<i>Simulaciones de Paramentos horizontales – Cubierta plana – m04c0302</i>	138
5.6.9.	<i>Simulaciones de Paramentos horizontales – Forjados entreplanta – m04c0304</i>	138
5.6.10.	<i>Simulaciones de Paramentos horizontales - Comprobación inercia – m04c0306</i>	139
5.6.11.	<i>Simulaciones de Huecos acristalados - Vidrios – m04c0401</i>	139
5.6.12.	<i>Simulaciones de Huecos acristalados - Marcos – m04c0401</i>	140
5.6.13.	<i>Simulaciones de Huecos acristalados - Sombreado – m04c0402</i>	140
5.6.14.	<i>Simulaciones de Huecos acristalados - Protecciones – m04c0403</i>	141
5.6.15.	<i>Simulaciones de Rendimiento de las instalaciones de ventilación – m04c07</i>	141
5.7.	<i>Fase ALFA del modelo 05</i>	142
5.7.1.	<i>Simulaciones Base – m05c0M</i>	143
5.7.2.	<i>Simulaciones de Orientación – m05c01</i>	143
5.7.3.	<i>Simulaciones de Paramentos verticales - Fachadas – m05c0201</i>	144
5.7.4.	<i>Simulaciones de Paramentos verticales - Comprobación inercia – m05c0202</i>	144
5.7.5.	<i>Simulaciones de Paramentos verticales - Tabiques – m05c0204</i>	145
5.7.6.	<i>Simulaciones de Paramentos verticales - Tabiques en contacto con zonas no habitables – m05c0205</i>	145
5.7.7.	<i>Simulaciones de Paramentos horizontales en contacto con el terreno– m05c0301</i>	146
5.7.8.	<i>Simulaciones de Paramentos horizontales – Cubierta plana – m05c0302</i>	146
5.7.9.	<i>Simulaciones de Paramentos horizontales – Cubierta inclinada – m05c0303</i>	147
5.7.10.	<i>Simulaciones de Paramentos horizontales - Entreplantas – m05c0304</i>	147
5.7.11.	<i>Simulaciones de Paramentos horizontales - Comprobación inercia – m05c0305</i>	147
5.7.12.	<i>Simulaciones de Huecos acristalados - Vidrios – m05c0401</i>	148
5.7.13.	<i>Simulaciones de Huecos acristalados - Marcos – m05c0401</i>	148
5.7.14.	<i>Simulaciones de Huecos acristalados - Sombreado – m05c0402</i>	149
5.7.15.	<i>Simulaciones de Huecos acristalados - Protecciones – m05c0403</i>	149
5.7.16.	<i>Simulaciones de Rendimiento de las instalaciones de ventilación – m05c07</i>	149
5.8.	<i>Fase ALFA del modelo 06</i>	150
5.8.1.	<i>Simulaciones Base – m06c0M</i>	151
5.8.2.	<i>Simulaciones de Orientación – m06c01</i>	151
5.8.3.	<i>Simulaciones de Paramentos verticales - Fachadas – m06c0201</i>	152
5.8.4.	<i>Simulaciones de Paramentos verticales - Comprobación inercia – m06c0202</i>	152
5.8.5.	<i>Simulaciones de Paramentos verticales - Tabiques – m06c0204</i>	153
5.8.6.	<i>Simulaciones de Paramentos verticales - Tabiques en contacto con zonas no habitables – m06c0205</i>	153
5.8.7.	<i>Simulaciones de Paramentos horizontales en contacto con el terreno– m06c0301</i>	154
5.8.8.	<i>Simulaciones de Paramentos horizontales – Cubierta plana – m06c0302</i>	154



5.8.9.	<i>Simulaciones de Paramentos horizontales – Cubierta inclinada – m06c0303</i>	155
5.8.10.	<i>Simulaciones de Paramentos horizontales - Entreplantas – m06c0304</i>	155
5.8.11.	<i>Simulaciones de Paramentos horizontales - Comprobación inercia – m06c0306</i>	156
5.8.12.	<i>Simulaciones de Huecos acristalados - Vidrios – m06c0401</i>	156
5.8.13.	<i>Simulaciones de Huecos acristalados - Marcos – m06c0401</i>	157
5.8.14.	<i>Simulaciones de Huecos acristalados - Sombreado – m06c0402</i>	157
5.8.15.	<i>Simulaciones de Huecos acristalados - Protecciones – m06c0403</i>	158
5.8.16.	<i>Simulaciones de Rendimiento de las instalaciones de ventilación – m06c07</i>	158
6.	<i>Descripción de las simulaciones: Fase BETA</i>	161
6.1.	<i>Descripción</i>	163
6.2.	<i>Modelo 01</i>	164
6.2.1.	<i>Descripción de los resultados del modelo 01 pasivo</i>	167
6.3.	<i>Modelo 02</i>	170
6.3.1.	<i>Descripción de los resultados del modelo 02 pasivo</i>	172
6.4.	<i>Modelo 02+</i>	175
6.4.1.	<i>Descripción de los resultados del modelo 02+ pasivo</i>	177
6.5.	<i>Modelo 03</i>	180
6.5.1.	<i>Descripción de los resultados del modelo 03 pasivo</i>	182
6.6.	<i>Modelo 04</i>	185
6.6.1.	<i>Descripción de los resultados del modelo 04 pasivo</i>	187
6.7.	<i>Modelo 05</i>	190
6.7.1.	<i>Descripción de los resultados del modelo 05 pasivo</i>	192
6.8.	<i>Modelo 06</i>	195
6.8.1.	<i>Descripción de los resultados del modelo 06 pasivo</i>	197
7.	<i>Descripción de las simulaciones: Fase GAMMA</i>	201
7.1.	<i>Descripción de la fase GAMMA</i>	203
7.2.	<i>Fase GAMMA del modelo 01</i>	204
7.2.1.	<i>Simulaciones Base – m01c0B</i>	207
7.2.2.	<i>Simulaciones con Hyperinverter – m01c1201</i>	207
7.2.3.	<i>Simulaciones con Aerotermia – m01c1202</i>	208
7.2.4.	<i>Simulaciones con Geotermia – m01c1203</i>	208
7.2.5.	<i>Simulaciones con Biomasa – m01c1205</i>	209
7.2.6.	<i>Simulaciones con Otros combustibles – m01c1206</i>	209
7.2.7.	<i>Simulaciones con Solar térmica – m01c1401</i>	210
7.3.	<i>Fase GAMMA del modelo 02</i>	211
7.3.1.	<i>Simulaciones Base – m02c0B</i>	212
7.3.2.	<i>Simulaciones con Hyperinverter – m02c1201</i>	212
7.3.3.	<i>Simulaciones con Aerotermia – m02c1202</i>	213
7.3.4.	<i>Simulaciones con Geotermia – m02c1203</i>	213
7.3.5.	<i>Simulaciones con Biomasa – m02c1205</i>	214
7.3.6.	<i>Simulaciones con Otros combustibles – m02c1206</i>	214
7.3.7.	<i>Simulaciones con Solar térmica – m02c1401</i>	215
7.4.	<i>Fase GAMMA del modelo 02+</i>	216

7.4.1.	Simulaciones Base – m02+c0B.....	217
7.4.2.	Simulaciones con Hyperinverter – m02+c1201	217
7.4.3.	Simulaciones con Aerotermia – m02+c1202	218
7.4.4.	Simulaciones con Geotermia – m02+c1203.....	218
7.4.5.	Simulaciones con Biomasa – m02+c1205.....	219
7.4.6.	Simulaciones con Otros combustibles – m02+c1206.....	219
7.4.7.	Simulaciones con Solar térmica – m02+c1401.....	220
7.5.	Fase GAMMA del modelo 03	221
7.5.1.	Simulaciones Base – m03c0B.....	222
7.5.2.	Simulaciones con Hyperinverter – m03c1201	222
7.5.3.	Simulaciones con Aerotermia – m03c1202	223
7.5.4.	Simulaciones con Geotermia – m03c1203.....	223
7.5.5.	Simulaciones con VRV – m03c1204	224
7.5.6.	Simulaciones con Biomasa – m03c1205.....	224
7.5.7.	Simulaciones con Otros combustibles – m03c1206.....	225
7.5.8.	Simulaciones con Rooftop – m03c1207	225
7.6.	Fase GAMMA del modelo 04	226
7.6.1.	Simulaciones Base – m04c0B.....	227
7.6.2.	Simulaciones con Hyperinverter – m04c1201	227
7.6.3.	Simulaciones con Aerotermia – m04c1202	228
7.6.4.	Simulaciones con Geotermia – m04c1203.....	228
7.6.5.	Simulaciones con VRV – m04c1204	229
7.6.6.	Simulaciones con Biomasa – m04c1205.....	229
7.6.7.	Simulaciones con Otros combustibles – m04c1206.....	230
7.6.8.	Simulaciones con Rooftop – m04c1207	230
7.6.9.	Simulaciones con Solar térmica – m04c1401.....	231
7.7.	Fase GAMMA del modelo 05	232
7.7.1.	Simulaciones Base – m05c0B.....	233
7.7.2.	Simulaciones con Aerotermia – m05c1202	233
7.7.3.	Simulaciones con Geotermia – m05c1203.....	234
7.7.4.	Simulaciones con Biomasa – m05c1205.....	234
7.7.5.	Simulaciones con Otros combustibles – m05c1206.....	235
7.7.6.	Simulaciones con Rooftop – m05c1207	235
7.7.7.	Simulaciones con Solar térmica – m05c1401.....	236
7.8.	Fase GAMMA del modelo 06	237
7.8.1.	Simulaciones Base – m06c0B.....	238
7.8.2.	Simulaciones con Hyperinverter – m06c1201	238
7.8.3.	Simulaciones con Aerotermia – m06c1202	239
7.8.4.	Simulaciones con Geotermia – m06c1203.....	239
7.8.5.	Simulaciones con VRV – m06c1204	240
7.8.6.	Simulaciones con Biomasa – m06c1205.....	240
7.8.7.	Simulaciones con Otros combustibles – m06c1206.....	241
7.8.8.	Simulaciones con Rooftop – m06c1207	241



7.8.9.	<i>Simulaciones con Solar térmica – m06c1401</i>	242
8.	<i>Descripción de las simulaciones: Fase DELTA</i>	245
8.1.	<i>Descripción de la fase DELTA</i>	247
8.2.	<i>Fase Delta del modelo 01</i>	248
8.2.1.	<i>Escenario 1: Aerotermia + Fotovoltaica + Solar térmica</i>	249
8.2.2.	<i>Escenario 2: Hyperinverter + Fotovoltaica + Biomasa</i>	251
8.2.3.	<i>Escenario 3: Geotermia + Solar térmica</i>	253
8.3.	<i>Fase Delta del modelo 02</i>	255
8.3.1.	<i>Escenario 1: Aerotermia + Fotovoltaica + Solar térmica</i>	256
8.3.2.	<i>Escenario 2: Hyperinverter + Biomasa</i>	258
8.3.3.	<i>Escenario 3: Geotermia + Solar térmica</i>	260
8.4.	<i>Fase Delta del modelo 02+</i>	262
8.4.1.	<i>Escenario 1: Aerotermia + Fotovoltaica + Solar térmica</i>	263
8.4.2.	<i>Escenario 2: Hyperinverter + Biomasa</i>	265
8.4.3.	<i>Escenario 3: Geotermia + Solar térmica</i>	267
8.5.	<i>Fase Delta del modelo 03</i>	269
8.5.1.	<i>Escenario 1: Hyperinverter</i>	270
8.5.2.	<i>Escenario 2: Geotermia</i>	272
8.5.3.	<i>Escenario 3: VRV + Fotovoltaica</i>	274
8.6.	<i>Fase Delta del modelo 04</i>	276
8.6.1.	<i>Escenario 1: Aerotermia + Solar térmica</i>	277
8.6.2.	<i>Escenario 2: Hyperinverter + Biomasa</i>	279
8.6.3.	<i>Escenario 3: Geotermia + Fotovoltaica + Solar térmica</i>	281
8.7.	<i>Fase Delta del modelo 05</i>	283
8.7.1.	<i>Escenario 1: Aerotermia + Solar térmica</i>	284
8.7.2.	<i>Escenario 2: Aerotermia + Biomasa</i>	286
8.7.3.	<i>Escenario 3: Geotermia + Fotovoltaica + Solar térmica</i>	288
8.8.	<i>Fase Delta del modelo 06</i>	290
8.8.1.	<i>Escenario 1: Aerotermia + Solar térmica</i>	291
8.8.2.	<i>Escenario 2: Hyperinverter + Biomasa</i>	293
8.8.3.	<i>Escenario 3: Geotermia + Fotovoltaica + Solar térmica</i>	295
9.	<i>Conclusiones y líneas futuras</i>	299
9.1.	<i>Conclusiones</i>	301
9.2.	<i>Líneas futuras</i>	304
10.	<i>Bibliografía</i>	307
11.	<i>Anexo</i>	323
11.1.	<i>Listado de simulaciones de la fase ALFA</i>	324
11.1.1.	<i>Fase ALFA del modelo 01</i>	324
11.1.2.	<i>Fase ALFA del modelo 02</i>	329
11.1.3.	<i>Fase ALFA del modelo 02+</i>	335
11.1.4.	<i>Fase ALFA del modelo 03</i>	340
11.1.5.	<i>Fase ALFA del modelo 04</i>	346
11.1.6.	<i>Fase ALFA del modelo 05</i>	351

11.1.7. Fase ALFA del modelo 06.....	357
11.2. Listados de simulaciones de la fase BETA.....	363
11.2.1. Fase BETA del modelo 01.....	363
11.2.2. Fase BETA del modelo 02.....	364
11.2.3. Fase BETA del modelo 02+.....	365
11.2.4. Fase BETA del modelo 03.....	366
11.2.5. Fase BETA del modelo 04.....	366
11.2.6. Fase BETA del modelo 05.....	367
11.2.7. Fase BETA del modelo 06.....	368
11.3. Listados de simulaciones de la fase GAMMA	370
11.3.1. Fase GAMMA del modelo 01	370
11.3.2. Fase GAMMA del modelo 02	371
11.3.3. Fase GAMMA del modelo 02+	373
11.3.4. Fase GAMMA del modelo 03	374
11.3.5. Fase GAMMA del modelo 04	376
11.3.6. Fase GAMMA del modelo 05	377
11.3.7. Fase GAMMA del modelo 06	379
11.4. Listados de simulaciones de la fase DELTA	381



Índice de figuras

Figura 2.1.	Análisis de la temperatura de la Tierra en el año 2015. Fuente: Scientific Visualization Studio, Goddard Space Flight Center (NASA).....	23
Figura 2.2.	Representación de la temperatura media de la Tierra en los últimos 137 años. Fuente: NOAA	24
Figura 2.3.	Anomalía del promedio global de temperaturas en superficie, terrestres y oceánicas, combinadas. Fuente IPCC	25
Figura 2.4.	Promedio global de la variación del nivel del mar. Fuente IPCC.....	25
Figura 2.5.	Promedio global de concentraciones de gases de efecto invernadero. Fuente IPCC.....	26
Figura 2.6.	Emisiones antropógenas globales de CO ₂ . (La información cuantitativa de series temporales de emisiones de CH ₄ y N ₂ O de 1850 a 1970 es limitada). Fuente IPCC	26
Figura 2.7.	Mediciones de la concentración de dióxido de carbono en la atmosfera en los últimos 400000 años. Fuente: NASA.....	27
Figura 2.8.	Registros de las temperaturas de la Tierra de diferentes organizaciones. Fuente NASA	27
Figura 2.9.	Consumo de energía mundial por fuente de energía primaria, en millones de toneladas equivalentes de petróleo. Fuente: BP Statistical Review of World Energy	30
Figura 2.10.	Suministro de energía primaria mundial según fuente en megatoneladas equivalentes de petróleo. Fuente OECD/IEA 2016	31
Figura 2.11.	Consumo mundial de petróleo y sus derivados en millones de toneladas. Fuente OECD/IEA 2016	31
Figura 2.12.	Suministro total de energía primaria en España. Fuente OECD/IEA 2016.....	32
Figura 2.13.	Consumo en España de petróleo y sus derivados en millones de toneladas. Fuente OECD/IEA 2016	32
Figura 2.14.	Proporción sobre el total del suministro de energía primaria en España por fuente. Fuente OECD/IEA 2016	33
Figura 3.1.	Documentos básicos del CTE	42
Figura 3.2.	Modelo de etiqueta energética para edificios. Fuente IDAE.....	45
Figura 3.3.	Línea temporal para la adopción del nZEB en Europa. Fuente BPIE.....	46
Figura 3.4.	Estado actual de las definiciones de nZEB en Europa. Fuente BPIE.....	46
Figura 3.5.	Descripción del estado actual de las definiciones de nZEB en diferentes países europeos. Fuente BPIE.....	47
Figura 3.6.	“Pirámide energética”. Exigencias del CTE DB HE.	48
Figura 3.7.	Ecuación del balance de un nZEB	49
Figura 3.8.	Tipologías de nZEB.....	50
Figura 3.9.	Estrategia para la obtención de un nZEB.....	51
Figura 3.10.	Ejemplo de vivienda Passivhaus en Asturias. Fuente: Plataforma Passivhaus España	55
Figura 3.11.	Ejemplo de vivienda Passivhaus en Madrid. Fuente: Plataforma Passivhaus España	55
Figura 4.1.	Esquema descriptivo de la metodología.....	63
Figura 4.2.	Esquema del proceso de cálculo empleado en las simulaciones de los modelos 01 y 02. Fuente CYPE Ingenieros.....	69
Figura 4.3.	Trabajos previos.....	73
Figura 4.4.	Modelos empleados en la Tesis Doctoral.....	74
Figura 4.5.	Vista 3D del modelo 01	75
Figura 4.6.	Otra vista 3D del modelo 01	75
Figura 4.7.	Planta sótano del modelo 01	76
Figura 4.8.	Planta baja del modelo 01	76
Figura 4.9.	Planta primera del modelo 01.....	76
Figura 4.10.	Vista 3D interior del modelo 02	77
Figura 4.11.	Vista 3D exterior del modelo 02	77
Figura 4.12.	Planta del modelo 02.....	78
Figura 4.13.	Vista 3D del modelo 03	78
Figura 4.14.	Otra vista 3D del modelo 03.....	79
Figura 4.15.	Planta del modelo 03.....	79
Figura 4.16.	Vista 3D del modelo 04	80
Figura 4.17.	Otra vista 3D del modelo 04.....	80
Figura 4.18.	Planta baja del modelo 04.....	80
Figura 4.19.	Planta primera del modelo 04.....	81
Figura 4.20.	Vista 3D del modelo 05	81
Figura 4.21.	Otra vista 3D del modelo 05.....	82
Figura 4.22.	Planta del modelo 05.....	82
Figura 4.23.	Vista 3D del modelo 06	83



**METODOLOGÍA DE DISEÑO Y ANÁLISIS DE SOLUCIONES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA
PARA LA CONSECUCCIÓN DE EDIFICIOS DE CONSUMO CASI NULO (NZEB)**

Figura 4.24. Otra vista 3D del modelo 06..... 83
Figura 4.25. Planta baja del modelo 06..... 83
Figura 4.26. Planta primera del modelo 06 84



Índice de tablas

Tabla 3.1.	Crterios de diseo del estandar Passivhaus. Fuente: Plataforma Passivhaus Espaa	56
Tabla 6.1.	Resultados del modelo 01 pasivo.....	167
Tabla 6.2.	Resultados del modelo 02 pasivo.....	172
Tabla 6.3.	Resultados del modelo 02+ pasivo.....	177
Tabla 6.4.	Resultados del modelo 03 pasivo.....	182
Tabla 6.5.	Resultados del modelo 04 pasivo.....	187
Tabla 6.6.	Resultados del modelo 05 pasivo.....	192
Tabla 6.7.	Resultados del modelo 06 pasivo.....	197
Tabla 8.1.	Escenario 1 del modelo 01	249
Tabla 8.2.	Escenario 2 del modelo 01	251
Tabla 8.3.	Escenario 3 del modelo 01	253
Tabla 8.4.	Escenario 1 del modelo 02	256
Tabla 8.5.	Escenario 2 del modelo 02	258
Tabla 8.6.	Escenario 3 del modelo 02	260
Tabla 8.7.	Escenario 1 del modelo 02+	263
Tabla 8.8.	Escenario 2 del modelo 02+	265
Tabla 8.9.	Escenario 3 del modelo 02+	267
Tabla 8.10.	Escenario 1 del modelo 03	270
Tabla 8.11.	Escenario 2 del modelo 03	272
Tabla 8.12.	Escenario 3 del modelo 03	274
Tabla 8.13.	Escenario 1 del modelo 04	277
Tabla 8.14.	Escenario 2 del modelo 04	279
Tabla 8.15.	Escenario 3 del modelo 04	281
Tabla 8.16.	Escenario 1 del modelo 05	284
Tabla 8.17.	Escenario 2 del modelo 05	286
Tabla 8.18.	Escenario 3 del modelo 05	288
Tabla 8.19.	Escenario 1 del modelo 06	291
Tabla 8.20.	Escenario 2 del modelo 06	293
Tabla 8.21.	Escenario 3 del modelo 06	295
Tabla 9.1.	Resumen de la disminucin de las demandas en los modelos	301
Tabla 9.2.	Resumen de la disminucin de los consumos en los modelos.....	302
Tabla 11.1.	Simulaciones base – m01c0M.....	324
Tabla 11.2.	Simulaciones de Orientacin – m01c01	324
Tabla 11.3.	Simulaciones de Paramentos verticales - Fachadas – m01c0201	325
Tabla 11.4.	Simulaciones de Paramentos verticales - Tabiques – m01c0204	325
Tabla 11.5.	Simulaciones de Paramentos verticales - Acabados – m01c0206	326
Tabla 11.6.	Simulaciones de Paramentos horizontales en contacto con el terreno– m01c0301.....	326
Tabla 11.7.	Simulaciones de Paramentos horizontales – Cubierta plana – m01c0302.....	326
Tabla 11.8.	Simulaciones de Paramentos horizontales – Cubierta inclinada – m01c0303.....	326
Tabla 11.9.	Simulaciones de Paramentos horizontales – Acabados – m01c0304	327
Tabla 11.10.	Simulaciones de Huecos acristalados - Vidrios – m01c0401	327
Tabla 11.11.	Simulaciones de Huecos acristalados - Marcos – m01c0401.....	328
Tabla 11.12.	Simulaciones de Huecos acristalados - Sombreado – m01c0402.....	328
Tabla 11.13.	Simulaciones de Huecos acristalados - Protecciones – m01c0403.....	328
Tabla 11.14.	Simulaciones de Sombreados ajenos al edificio – m01c05.....	328
Tabla 11.15.	Simulaciones de Rendimiento de las instalaciones de ventilacin – m01c07	329
Tabla 11.16.	Simulaciones base – m02c0M.....	329
Tabla 11.17.	Simulaciones de Orientacin – m02c01	329
Tabla 11.18.	Simulaciones de Paramentos verticales - Fachadas – m02c0201	330
Tabla 11.19.	Simulaciones de Paramentos verticales - Tabiques – m02c0204	331
Tabla 11.20.	Simulaciones de Paramentos verticales - Tabiques en contacto con zonas no habitables – m02c0205.....	331
Tabla 11.21.	Simulaciones de Paramentos verticales - Acabados – m02c0206	331
Tabla 11.22.	Simulaciones de Paramentos horizontales en contacto con el terreno– m02c0301.....	331
Tabla 11.23.	Simulaciones de Paramentos horizontales – Cubierta plana – m02c0302.....	332
Tabla 11.24.	Simulaciones de Paramentos horizontales – Acabados – m02c0304	332
Tabla 11.25.	Simulaciones de Huecos acristalados - Vidrios – m02c0401	333
Tabla 11.26.	Simulaciones de Huecos acristalados - Marcos – m02c0401.....	333
Tabla 11.27.	Simulaciones de Huecos acristalados - Sombreado – m02c0402.....	334
Tabla 11.28.	Simulaciones de Huecos acristalados - Protecciones – m02c0403.....	334

**METODOLOGÍA DE DISEÑO Y ANÁLISIS DE SOLUCIONES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA
PARA LA CONSECUCCIÓN DE EDIFICIOS DE CONSUMO CASI NULO (NZEB)**

Tabla 11.29.	Simulaciones de Sombreados ajenos al edificio – m02c05.....	334
Tabla 11.30.	Simulaciones de Definición de recintos – m02c06.....	334
Tabla 11.31.	Simulaciones de Rendimiento de las instalaciones de ventilación – m02c07.....	335
Tabla 11.32.	Simulaciones base – m02+c0M.....	335
Tabla 11.33.	Simulaciones de Orientación – m02+c01.....	335
Tabla 11.34.	Simulaciones de Paramentos verticales - Fachadas – m02+c0201.....	336
Tabla 11.35.	Simulaciones de Paramentos verticales - Comprobación inercia – m02+c0202.....	337
Tabla 11.36.	Simulaciones de Paramentos verticales - Tabiques – m02+c0204.....	337
Tabla 11.37.	Simulaciones de Paramentos verticales - Tabiques en contacto con zonas no habitables – m02+c0205.....	337
Tabla 11.38.	Simulaciones de Paramentos horizontales en contacto con el terreno– m02+c0301.....	337
Tabla 11.39.	Simulaciones de Paramentos horizontales – Cubierta plana – m02+c0302.....	338
Tabla 11.40.	Simulaciones de Paramentos horizontales - Comprobación inercia – m02+c0306.....	338
Tabla 11.41.	Simulaciones de Huecos acristalados - Vidrios – m02+c0401.....	338
Tabla 11.42.	Simulaciones de Huecos acristalados - Marcos – m02+c0401.....	339
Tabla 11.43.	Simulaciones de Huecos acristalados - Sombreado – m02+c0402.....	339
Tabla 11.44.	Simulaciones de Huecos acristalados - Protecciones – m02+c0403.....	340
Tabla 11.45.	Simulaciones de Definición de recintos – m02+c06.....	340
Tabla 11.46.	Simulaciones de Rendimiento de las instalaciones de ventilación – m02+c07.....	340
Tabla 11.47.	Simulaciones base – m03c0M.....	340
Tabla 11.48.	Simulaciones de Orientación – m03c01.....	340
Tabla 11.49.	Simulaciones de Paramentos verticales - Fachadas – m03c0201.....	341
Tabla 11.50.	Simulaciones de Paramentos verticales - Comprobación inercia – m03+c0202.....	342
Tabla 11.51.	Simulaciones de Paramentos verticales - Tabiques – m03c0204.....	342
Tabla 11.52.	Simulaciones de Paramentos verticales - Tabiques en contacto con zonas no habitables – m03c0205.....	343
Tabla 11.53.	Simulaciones de Paramentos horizontales en contacto con el terreno– m03c0301.....	343
Tabla 11.54.	Simulaciones de Paramentos horizontales – Cubierta plana – m03c0302.....	343
Tabla 11.55.	Simulaciones de Paramentos horizontales - Comprobación inercia – m03c0306.....	343
Tabla 11.56.	Simulaciones de Huecos acristalados - Vidrios – m03c0401.....	344
Tabla 11.57.	Simulaciones de Huecos acristalados - Marcos – m03c0401.....	344
Tabla 11.58.	Simulaciones de Huecos acristalados - Sombreado – m03c0402.....	345
Tabla 11.59.	Simulaciones de Huecos acristalados - Protecciones – m03c0403.....	345
Tabla 11.60.	Simulaciones de Definición de recintos – m03c06.....	345
Tabla 11.61.	Simulaciones de Rendimiento de las instalaciones de ventilación – m03c07.....	345
Tabla 11.62.	Simulaciones base – m04c0M.....	346
Tabla 11.63.	Simulaciones de Orientación – m04c01.....	346
Tabla 11.64.	Simulaciones de Paramentos verticales - Fachadas – m04c0201.....	347
Tabla 11.65.	Simulaciones de Paramentos verticales - Comprobación inercia – m04c0202.....	347
Tabla 11.66.	Simulaciones de Paramentos verticales - Tabiques – m04c0204.....	348
Tabla 11.67.	Simulaciones de Paramentos verticales - Tabiques en contacto con zonas no habitables – m04c0205.....	348
Tabla 11.68.	Simulaciones de Paramentos horizontales en contacto con el terreno– m04c0301.....	348
Tabla 11.69.	Simulaciones de Paramentos horizontales – Cubierta plana – m04c0302.....	348
Tabla 11.70.	Simulaciones de Paramentos horizontales – Forjados entreplanta – m04c0304.....	349
Tabla 11.71.	Simulaciones de Paramentos horizontales - Comprobación inercia – m04c0306.....	349
Tabla 11.72.	Simulaciones de Huecos acristalados - Vidrios – m04c0401.....	349
Tabla 11.73.	Simulaciones de Huecos acristalados - Marcos – m04c0401.....	350
Tabla 11.74.	Simulaciones de Huecos acristalados - Sombreado – m04c0402.....	350
Tabla 11.75.	Simulaciones de Huecos acristalados - Protecciones – m04c0403.....	350
Tabla 11.76.	Simulaciones de Rendimiento de las instalaciones de ventilación – m04c07.....	351
Tabla 11.77.	Simulaciones base – m05c0M.....	351
Tabla 11.78.	Simulaciones de Orientación – m05c01.....	351
Tabla 11.79.	Simulaciones de Paramentos verticales - Fachadas – m05c0201.....	352
Tabla 11.80.	Simulaciones de Paramentos verticales - Comprobación inercia – m05c0202.....	353
Tabla 11.81.	Simulaciones de Paramentos verticales - Tabiques – m05c0204.....	353
Tabla 11.82.	Simulaciones de Paramentos verticales - Tabiques en contacto con zonas no habitables – m05c0205.....	353
Tabla 11.83.	Simulaciones de Paramentos horizontales en contacto con el terreno– m05c0301.....	353
Tabla 11.84.	Simulaciones de Paramentos horizontales – Cubierta plana – m05c0302.....	354
Tabla 11.85.	Simulaciones de Paramentos horizontales – Cubierta inclinada – m05c0303.....	354
Tabla 11.86.	Simulaciones de Paramentos horizontales - Entreplantas – m05c0304.....	354



Tabla 11.87.	Simulaciones de Paramentos horizontales - Comprobación inercia – m05c0305	355
Tabla 11.88.	Simulaciones de Huecos acristalados - Vidrios – m05c0401	355
Tabla 11.89.	Simulaciones de Huecos acristalados - Marcos – m05c0401.....	355
Tabla 11.90.	Simulaciones de Huecos acristalados - Sombreado – m05c0402.....	356
Tabla 11.91.	Simulaciones de Huecos acristalados - Protecciones – m05c0403.....	356
Tabla 11.92.	Simulaciones de Rendimiento de las instalaciones de ventilación – m05c07	356
Tabla 11.93.	Simulaciones base – m06c0M.....	357
Tabla 11.94.	Simulaciones de Orientación – m06c01	357
Tabla 11.95.	Simulaciones de Paramentos verticales - Fachadas – m06c0201	358
Tabla 11.96.	Simulaciones de Paramentos verticales - Comprobación inercia – m06c0202	359
Tabla 11.97.	Simulaciones de Paramentos verticales - Tabiques – m06c0204	359
Tabla 11.98.	Simulaciones de Paramentos verticales - Tabiques en contacto con zonas no habitables – m06c0205.....	359
Tabla 11.99.	Simulaciones de Paramentos horizontales en contacto con el terreno– m06c0301.....	359
Tabla 11.100.	Simulaciones de Paramentos horizontales – Cubierta plana – m06c0302.....	360
Tabla 11.101.	Simulaciones de Paramentos horizontales – Cubierta inclinada – m06c0303.....	360
Tabla 11.102.	Simulaciones de Paramentos horizontales - Entreplantas – m06c0304.....	360
Tabla 11.103.	Simulaciones de Paramentos horizontales - Comprobación inercia – m06c0306	361
Tabla 11.104.	Simulaciones de Huecos acristalados - Vidrios – m06c0401	361
Tabla 11.105.	Simulaciones de Huecos acristalados - Marcos – m06c0401.....	361
Tabla 11.106.	Simulaciones de Huecos acristalados - Sombreado – m06c0402.....	362
Tabla 11.107.	Simulaciones de Huecos acristalados - Protecciones – m06c0403.....	362
Tabla 11.108.	Simulaciones de Rendimiento de las instalaciones de ventilación – m06c07	362
Tabla 11.109.	Combinación de soluciones en la fase BETA del modelo 01	363
Tabla 11.110.	Análisis de puentes térmicos en la fase BETA del modelo 01.....	363
Tabla 11.111.	Análisis de sombreados en la fase BETA del modelo 01	363
Tabla 11.112.	Revisión de aislamientos en suelos en la fase BETA del modelo 01	364
Tabla 11.113.	Combinación de soluciones en la fase BETA del modelo 02	364
Tabla 11.114.	Análisis de puentes térmicos en la fase BETA del modelo 02.....	364
Tabla 11.115.	Análisis de sombreados en la fase BETA del modelo 02	364
Tabla 11.116.	Combinación de soluciones en la fase BETA del modelo 02+	365
Tabla 11.117.	Análisis de puentes térmicos en la fase BETA del modelo 02+.....	365
Tabla 11.118.	Simulaciones finales en la fase BETA del modelo 02+.....	365
Tabla 11.119.	Combinación de soluciones en la fase BETA del modelo 03	366
Tabla 11.120.	Simulaciones finales en la fase BETA del modelo 03.....	366
Tabla 11.121.	Combinación de soluciones en la fase BETA del modelo 04	366
Tabla 11.122.	Análisis de puentes térmicos en la fase BETA del modelo 04.....	367
Tabla 11.123.	Simulaciones de free cooling en la fase BETA del modelo 04.....	367
Tabla 11.124.	Simulaciones finales en la fase BETA del modelo 04.....	367
Tabla 11.125.	Combinación de soluciones en la fase BETA del modelo 05	367
Tabla 11.126.	Análisis de puentes térmicos en la fase BETA del modelo 05.....	368
Tabla 11.127.	Simulaciones de free cooling en la fase BETA del modelo 05.....	368
Tabla 11.128.	Simulaciones finales en la fase BETA del modelo 05.....	368
Tabla 11.129.	Combinación de soluciones en la fase BETA del modelo 06	368
Tabla 11.130.	Análisis de puentes térmicos en la fase BETA del modelo 06.....	369
Tabla 11.131.	Simulaciones de free cooling en la fase BETA del modelo 06.....	369
Tabla 11.132.	Simulaciones finales en la fase BETA del modelo 06.....	369
Tabla 11.133.	Simulaciones base – m01c0B	370
Tabla 11.134.	Simulaciones con Hyperinverter – m01c1201	370
Tabla 11.135.	Simulaciones con Aerotermia – m01c1202	370
Tabla 11.136.	Simulaciones con Geotérmica – m01c1203	370
Tabla 11.137.	Simulaciones con Biomasa – m01c1205.....	370
Tabla 11.138.	Simulaciones con otros combustibles – m01c1206.....	371
Tabla 11.139.	Simulaciones con Solar térmica – m01c1401.....	371
Tabla 11.140.	Simulaciones base – m02c0B	371
Tabla 11.141.	Simulaciones con Hyperinverter – m02c1201	371
Tabla 11.142.	Simulaciones con Aerotermia – m02c1202	371
Tabla 11.143.	Simulaciones con Geotérmica – m02c1203	372
Tabla 11.144.	Simulaciones con Biomasa – m02c1205.....	372
Tabla 11.145.	Simulaciones con otros combustibles – m02c1206.....	372
Tabla 11.146.	Simulaciones con Solar térmica – m02c1401.....	372
Tabla 11.147.	Simulaciones base – m02+c0B	373

Tabla 11.148.	Simulaciones con Hyperinverter – m02+c1201.....	373
Tabla 11.149.	Simulaciones con Aerotermia – m02+c1202.....	373
Tabla 11.150.	Simulaciones con Geotérmica – m02+c1203.....	373
Tabla 11.151.	Simulaciones con Biomasa – m02+c1205.....	373
Tabla 11.152.	Simulaciones con otros combustibles – m02+c1206.....	374
Tabla 11.153.	Simulaciones con Solar térmica – m02+c1401.....	374
Tabla 11.154.	Simulaciones base – m03c0B.....	374
Tabla 11.155.	Simulaciones con Hyperinverter – m03c1201.....	374
Tabla 11.156.	Simulaciones con Aerotermia – m03c1202.....	374
Tabla 11.157.	Simulaciones con Geotérmica – m03c1203.....	375
Tabla 11.158.	Simulaciones con VRV – m03c1204.....	375
Tabla 11.159.	Simulaciones con Biomasa – m03c1205.....	375
Tabla 11.160.	Simulaciones con otros combustibles – m03c1206.....	375
Tabla 11.161.	Simulaciones con Rooftop – m03c1207.....	375
Tabla 11.162.	Simulaciones base – m04c0B.....	376
Tabla 11.163.	Simulaciones con Hyperinverter – m04c1201.....	376
Tabla 11.164.	Simulaciones con Aerotermia – m04c1202.....	376
Tabla 11.165.	Simulaciones con Geotérmica – m04c1203.....	376
Tabla 11.166.	Simulaciones con VRV – m04c1204.....	376
Tabla 11.167.	Simulaciones con Biomasa – m04c1205.....	376
Tabla 11.168.	Simulaciones con otros combustibles – m04c1206.....	377
Tabla 11.169.	Simulaciones con Rooftop – m04c1207.....	377
Tabla 11.170.	Simulaciones con Solar térmica – m04c1401.....	377
Tabla 11.171.	Simulaciones base – m05c0B.....	377
Tabla 11.172.	Simulaciones con Aerotermia – m05c1202.....	378
Tabla 11.173.	Simulaciones con Geotérmica – m05c1203.....	378
Tabla 11.174.	Simulaciones con Biomasa – m05c1205.....	378
Tabla 11.175.	Simulaciones con otros combustibles – m05c1206.....	378
Tabla 11.176.	Simulaciones con Rooftop – m05c1207.....	378
Tabla 11.177.	Simulaciones con Solar térmica – m05c1401.....	379
Tabla 11.178.	Simulaciones base – m06c0B.....	379
Tabla 11.179.	Simulaciones con Hyperinverter – m06c1201.....	379
Tabla 11.180.	Simulaciones con Aerotermia – m06c1202.....	379
Tabla 11.181.	Simulaciones con Geotérmica – m06c1203.....	379
Tabla 11.182.	Simulaciones con VRV – m06c1204.....	380
Tabla 11.183.	Simulaciones con Biomasa – m06c1205.....	380
Tabla 11.184.	Simulaciones con otros combustibles – m06c1206.....	380
Tabla 11.185.	Simulaciones con Rooftop – m06c1207.....	380
Tabla 11.186.	Simulaciones con Solar térmica – m06c1401.....	380
Tabla 11.187.	Fase Delta del modelo 01.....	381
Tabla 11.188.	Fase Delta del modelo 02.....	381
Tabla 11.189.	Fase Delta del modelo 02+.....	381
Tabla 11.190.	Fase Delta del modelo 03.....	381
Tabla 11.191.	Fase Delta del modelo 04.....	381
Tabla 11.192.	Fase Delta del modelo 05.....	382
Tabla 11.193.	Fase Delta del modelo 06.....	382



Índice de gráficos

Gráfico 3.1.	Consumo energético de diferentes tipos de edificios	49
Gráfico 3.2.	Estrategia de reducción del consumo de energía de un edificio.....	49
Gráfico 4.1.	Distribución de las simulaciones por modelo.....	84
Gráfico 4.2.	Distribución de las simulaciones por motor de cálculo	85
Gráfico 4.3.	Distribución de las simulaciones por fase.....	85
Gráfico 5.1.	Simulaciones de la fase ALFA según modelo	91
Gráfico 5.2.	Simulaciones iniciales del modelo 01, demandas en kWh/m ² .año.....	98
Gráfico 5.3.	Simulaciones de orientación del modelo 01, demanda anual en kWh/m ² .año	98
Gráfico 5.4.	Simulaciones de fachadas del modelo 01, demanda anual en kWh/m ² .año	99
Gráfico 5.5.	Simulaciones de tabiques del modelo 01, demanda anual en kWh/m ² .año	99
Gráfico 5.6.	Simulaciones de paramentos verticales acabados del modelo 01, demanda anual en kWh/m ² .año.....	100
Gráfico 5.7.	Simulaciones de paramentos horizontales en contacto con el terreno del modelo 01, demanda anual en kWh/m ² .año	100
Gráfico 5.8.	Simulaciones de cubierta plana del modelo 01, demanda anual en kWh/m ² .año	101
Gráfico 5.9.	Simulaciones de paramentos horizontales inclinados del modelo 01, demanda anual en kWh/m ² .año.....	101
Gráfico 5.10.	Simulaciones de paramentos horizontales acabados del modelo 01, demanda anual en kWh/m ² .año.....	102
Gráfico 5.11.	Simulaciones de ventanas del modelo 01, demanda anual en kWh/m ² .año	102
Gráfico 5.12.	Simulaciones de marcos / carpinterías del modelo 01, demanda anual en kWh/m ² .año	103
Gráfico 5.13.	Simulaciones de sombreado huecos del modelo 01, demanda anual en kWh/m ² .año	103
Gráfico 5.14.	Simulaciones de protecciones huecos del modelo 01, demanda anual en kWh/m ² .año	103
Gráfico 5.15.	Simulaciones de sombreados edificio del modelo 01, demanda anual en kWh/m ² .año	104
Gráfico 5.16.	Simulaciones de rendimiento del recuperador de calor del modelo 01, demanda anual en kWh/m ² .año.....	104
Gráfico 5.17.	Simulaciones iniciales del modelo 02, demanda anual en kWh/m ² .año	107
Gráfico 5.18.	Simulaciones de orientación del modelo 02, demanda anual en kWh/m ² .año	107
Gráfico 5.19.	Simulaciones de fachadas del modelo 02, demanda anual en kWh/m ² .año	108
Gráfico 5.20.	Simulaciones de tabiques del modelo 02, demanda anual en kWh/m ² .año	108
Gráfico 5.21.	Simulaciones de tabiques en contacto con espacios no habitables del modelo 02, demanda anual en kWh/m ² .año	109
Gráfico 5.22.	Simulaciones de paramentos verticales acabados del modelo 02, demanda anual en kWh/m ² .año.....	109
Gráfico 5.23.	Simulaciones de paramentos horizontales en contacto con el terreno del modelo 02, demanda anual en kWh/m ² .año	110
Gráfico 5.24.	Simulaciones de cubiertas del modelo 02, demanda anual en kWh/m ² .año	110
Gráfico 5.25.	Simulaciones de paramentos horizontales acabados del modelo 02, demanda anual en kWh/m ² .año.....	111
Gráfico 5.26.	Simulaciones de ventanas del modelo 02, demanda anual en kWh/m ² .año	111
Gráfico 5.27.	Simulaciones de marcos del modelo 02, demanda anual en kWh/m ² .año	112
Gráfico 5.28.	Simulaciones de huecos sombreado del modelo 02, demanda anual en kWh/m ² .año	112
Gráfico 5.29.	Simulaciones de huecos protecciones del modelo 02, demanda anual en kWh/m ² .año	113
Gráfico 5.30.	Simulaciones de sombreados ajenos al edificio del modelo 02, demanda anual en kWh/m ² .año.....	113
Gráfico 5.31.	Simulaciones de condiciones definición de recinto del modelo 02, demanda anual en kWh/m ² .año.....	114
Gráfico 5.32.	Simulaciones de rendimiento de las instalaciones de ventilación del modelo 02, demanda anual en kWh/m ² .año	114
Gráfico 5.33.	Simulaciones iniciales del modelo 02+, demanda anual en kWh/m ² .año.....	118
Gráfico 5.34.	Simulaciones de orientación del modelo 02+, demanda anual en kWh/m ² .año	118
Gráfico 5.35.	Simulaciones de paramentos verticales - fachadas - del modelo 02+, demanda anual en kWh/m ² .año.....	119
Gráfico 5.36.	Simulaciones de paramentos verticales / comprobación de inercia del modelo 02+, demanda anual en kWh/m ² .año	119
Gráfico 5.37.	Simulaciones de tabiques del modelo 02+, demanda anual en kWh/m ² .año	120
Gráfico 5.38.	Simulaciones de tabiques en contacto con espacios no habitables del modelo 02+, demanda anual en kWh/m ² .año	120
Gráfico 5.39.	Simulaciones de paramentos horizontales en contacto con el terreno del modelo 02+, demanda anual en kWh/m ² .año	121

**METODOLOGÍA DE DISEÑO Y ANÁLISIS DE SOLUCIONES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA
PARA LA CONSECUCCIÓN DE EDIFICIOS DE CONSUMO CASI NULO (NZEB)**

Gráfico 5.40.	Simulaciones de cubiertas del modelo 02+, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	121
Gráfico 5.41.	Simulaciones de paramentos horizontales inercia del modelo 02+, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	122
Gráfico 5.42.	Simulaciones de ventanas del modelo 02+, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	122
Gráfico 5.43.	Simulaciones de marcos del modelo 02+, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	123
Gráfico 5.44.	Simulaciones de mejoras en huecos del modelo 02+, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	123
Gráfico 5.45.	Simulaciones de huecos sombreado, partimos de orientación mínima de 0°, del modelo 02+, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	123
Gráfico 5.46.	Simulaciones de huecos protecciones, partimos de orientación mínima de 0°, del modelo 02+, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	124
Gráfico 5.47.	Simulaciones de condiciones definición de recintos del modelo 02+, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	124
Gráfico 5.48.	Simulaciones de rendimiento de instalaciones de ventilación, free cooling activado por defecto, del modelo 02+, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	124
Gráfico 5.49.	Simulaciones iniciales del modelo 03, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	127
Gráfico 5.50.	Simulaciones de orientación del modelo 03, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	127
Gráfico 5.51.	Simulaciones de fachadas del modelo 03, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	128
Gráfico 5.52.	Simulaciones de paramentos verticales / comprobación de inercia del modelo 03, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	128
Gráfico 5.53.	Simulaciones de tabiques del modelo 03, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	129
Gráfico 5.54.	Simulaciones de tabiques en contacto con espacios no habitables del modelo 03, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	129
Gráfico 5.55.	Simulaciones de paramentos horizontales en contacto con el terreno del modelo 03, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	130
Gráfico 5.56.	Simulaciones de cubierta plana del modelo 03, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	130
Gráfico 5.57.	Simulaciones de paramentos horizontales / inercia del modelo 03, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	131
Gráfico 5.58.	Simulaciones de ventanas del modelo 03, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	131
Gráfico 5.59.	Simulaciones de marcos / carpinterías del modelo 03, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	132
Gráfico 5.60.	Simulaciones de sombreado huecos del modelo 03, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	132
Gráfico 5.61.	Simulaciones de protecciones huecos del modelo 03, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	132
Gráfico 5.62.	Simulaciones de condiciones definición de recintos del modelo 03, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	133
Gráfico 5.63.	Simulaciones de rendimiento del recuperador de calor del modelo 03, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	133
Gráfico 5.64.	Simulaciones iniciales del modelo 04, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	135
Gráfico 5.65.	Simulaciones de orientación del modelo 04, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	135
Gráfico 5.66.	Simulaciones de fachadas del modelo 04, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	136
Gráfico 5.67.	Simulaciones de paramentos verticales / comprobación de inercia del modelo 04, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	136
Gráfico 5.68.	Simulaciones de tabiques del modelo 04, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	137
Gráfico 5.69.	Simulaciones de tabiques en contacto con espacios no habitables del modelo 04, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	137
Gráfico 5.70.	Simulaciones de paramentos horizontales en contacto con el terreno del modelo 04, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	137
Gráfico 5.71.	Simulaciones de cubierta plana del modelo 04, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	138
Gráfico 5.72.	Simulaciones de paramentos horizontales / entreplanta del modelo 04, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	138
Gráfico 5.73.	Simulaciones de paramentos horizontales / inercia del modelo 04, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	139
Gráfico 5.74.	Simulaciones de ventanas del modelo 04, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	139
Gráfico 5.75.	Simulaciones de marcos del modelo 04, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	140
Gráfico 5.76.	Simulaciones de sombreado huecos del modelo 04, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	140
Gráfico 5.77.	Simulaciones de protecciones huecos del modelo 04, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	141
Gráfico 5.78.	Simulaciones de rendimiento del recuperador de calor del modelo 04, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	141
Gráfico 5.79.	Simulaciones iniciales del modelo 05, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	143
Gráfico 5.80.	Simulaciones de orientación del modelo 05, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	143
Gráfico 5.81.	Simulaciones de fachadas del modelo 05, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	144
Gráfico 5.82.	Simulaciones de paramentos verticales / muros inercia del modelo 05, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	144
Gráfico 5.83.	Simulaciones de tabiques del modelo 05, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	145



Gráfico 5.84.	Simulaciones de tabiques en contacto con espacios no habitables del modelo 05, demanda anual en kWh/m ² -año	145
Gráfico 5.85.	Simulaciones de paramentos horizontales en contacto con el terreno del modelo 05, demanda anual en kWh/m ² -año	146
Gráfico 5.86.	Simulaciones de cubierta plana del modelo 05, demanda anual en kWh/m ² -año	146
Gráfico 5.87.	Simulaciones de paramentos horizontales inclinados del modelo 05, demanda anual en kWh/m ² -año	147
Gráfico 5.88.	Simulaciones de paramentos horizontales / entreplanta del modelo 05, demanda anual en kWh/m ² -año	147
Gráfico 5.89.	Simulaciones de paramentos horizontales / inercia del modelo 05, demanda anual en kWh/m ² -año	147
Gráfico 5.90.	Simulaciones de ventanas del modelo 05, demanda anual en kWh/m ² -año	148
Gráfico 5.91.	Simulaciones de marcos del modelo 05, demanda anual en kWh/m ² -año	148
Gráfico 5.92.	Simulaciones de sombreado huecos del modelo 05, demanda anual en kWh/m ² -año	149
Gráfico 5.93.	Simulaciones de protecciones huecos del modelo 05, demanda anual en kWh/m ² -año	149
Gráfico 5.94.	Simulaciones de rendimiento del recuperador de calor del modelo 05, demanda anual en kWh/m ² -año	149
Gráfico 5.95.	Simulaciones iniciales del modelo 06, demanda anual en kWh/m ² -año	151
Gráfico 5.96.	Simulaciones de orientación del modelo 06, demanda anual en kWh/m ² -año	151
Gráfico 5.97.	Simulaciones de fachadas del modelo 06, demanda anual en kWh/m ² -año	152
Gráfico 5.98.	Simulaciones de paramentos verticales / muros inercia del modelo 06, demanda anual en kWh/m ² -año	152
Gráfico 5.99.	Simulaciones de tabiques del modelo 06, demanda anual en kWh/m ² -año	153
Gráfico 5.100.	Simulaciones de tabiques en contacto con espacios no habitables del modelo 06, demanda anual en kWh/m ² -año	153
Gráfico 5.101.	Simulaciones de paramentos horizontales en contacto con el terreno del modelo 06, demanda anual en kWh/m ² -año	154
Gráfico 5.102.	Simulaciones de cubierta plana del modelo 06, demanda anual en kWh/m ² -año	154
Gráfico 5.103.	Simulaciones de paramentos horizontales inclinados del modelo 06, demanda anual en kWh/m ² -año	155
Gráfico 5.104.	Simulaciones de paramentos horizontales / entreplantas del modelo 06, demanda anual en kWh/m ² -año	155
Gráfico 5.105.	Simulaciones de paramentos horizontales / Inercia del modelo 06, demanda anual en kWh/m ² -año	156
Gráfico 5.106.	Simulaciones de ventanas del modelo 06, demanda anual en kWh/m ² -año	156
Gráfico 5.107.	Simulaciones de marcos / carpinterías del modelo 06, demanda anual en kWh/m ² -año	157
Gráfico 5.108.	Simulaciones de sombreado huecos del modelo 06, demanda anual en kWh/m ² -año	157
Gráfico 5.109.	Simulaciones de protecciones huecos del modelo 06, demanda anual en kWh/m ² -año	158
Gráfico 5.110.	Simulaciones de rendimiento del recuperador de calor del modelo 06, demanda anual en kWh/m ² -año	158
Gráfico 6.1.	Simulaciones de la fase BETA según modelo	163
Gráfico 6.2.	Simulaciones combinatorias de la fase beta del modelo 01, demanda anual en kWh/m ² -año	164
Gráfico 6.3.	Simulaciones de los puentes térmicos del modelo 01, demanda anual en kWh/m ² -año	165
Gráfico 6.4.	Simulaciones de ajuste de sombreados estacionales del modelo 01, demanda anual en kWh/m ² -año	165
Gráfico 6.5.	Simulaciones finales del modelo pasivo 01, demanda anual en kWh/m ² -año	166
Gráfico 6.6.	Demanda energética anual por elemento del modelo 01, demanda anual en kWh/m ² -año	168
Gráfico 6.7.	Demanda energética anual del modelo 01, demanda anual en kWh/m ² -año	168
Gráfico 6.8.	Demanda energética del modelo 01	168
Gráfico 6.9.	Demanda energética mensual del modelo 01 en kWh	169
Gráfico 6.10.	Simulaciones combinatorias de la fase beta del modelo 02, demanda anual en kWh/m ² -año	170
Gráfico 6.11.	Simulaciones de los puentes térmicos del modelo 02, demanda anual en kWh/m ² -año	171
Gráfico 6.12.	Simulaciones de ajuste de sombreados estacionales del modelo 02, demanda anual en kWh/m ² -año	171
Gráfico 6.13.	Demanda energética anual por elemento del modelo 02, demanda anual en kWh/m ² -año	173
Gráfico 6.14.	Demanda energética anual del modelo 02, demanda anual en kWh/m ² -año	173
Gráfico 6.15.	Demanda energética del modelo 02	173
Gráfico 6.16.	Demanda energética mensual del modelo 02 en kWh	174

Gráfico 6.17.	Simulaciones combinatorias de la fase beta del modelo 02+, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	175
Gráfico 6.18.	Simulaciones de los puentes térmicos del modelo 02+, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	176
Gráfico 6.19.	Simulaciones de ajuste modelo 02+, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	176
Gráfico 6.20.	Demanda energética anual por elemento del modelo 02+, demanda anual en kWh/m ² ·año	178
Gráfico 6.21.	Demanda energética anual del modelo 02+, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	178
Gráfico 6.22.	Demanda energética del modelo 02+	178
Gráfico 6.23.	Demanda energética mensual del modelo 02+ en kWh.....	179
Gráfico 6.24.	Simulaciones combinatorias de la fase beta del modelo 03, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	180
Gráfico 6.25.	Simulaciones de los puentes térmicos del modelo 03, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	181
Gráfico 6.26.	Demanda energética anual por elemento del modelo 03, demanda anual en kWh/m ² ·año	183
Gráfico 6.27.	Demanda energética anual del modelo 03, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	183
Gráfico 6.28.	Demanda energética del modelo 03	183
Gráfico 6.29.	Demanda energética mensual del modelo 03 en kWh.....	184
Gráfico 6.30.	Simulaciones combinatorias de la fase beta del modelo 04, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	185
Gráfico 6.31.	Simulaciones de los puentes térmicos del modelo 04, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	186
Gráfico 6.32.	Simulaciones de free cooling del modelo 04, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	186
Gráfico 6.33.	Simulaciones de ajustes finales del modelo 04, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	186
Gráfico 6.34.	Demanda energética anual por elemento del modelo 04, demanda anual en kWh/m ² ·año	188
Gráfico 6.35.	Demanda energética anual del modelo 04, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	188
Gráfico 6.36.	Demanda energética del modelo 04	188
Gráfico 6.37.	Demanda energética mensual del modelo 04 en kWh.....	189
Gráfico 6.38.	Simulaciones combinatorias de la fase beta del modelo 05, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	190
Gráfico 6.39.	Simulaciones de los puentes térmicos del modelo 05, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	191
Gráfico 6.40.	Simulaciones de free cooling del modelo 05, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	191
Gráfico 6.41.	Simulaciones de ajuste final del modelo 05, demanda anual en kWh/m ² ·año	191
Gráfico 6.42.	Demanda energética anual por elemento del modelo 05, demanda anual en kWh/m ² ·año	193
Gráfico 6.43.	Demanda energética anual del modelo 05, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	193
Gráfico 6.44.	Demanda energética del modelo 05	193
Gráfico 6.45.	Demanda energética mensual del modelo 05 en kWh.....	194
Gráfico 6.46.	Simulaciones combinatorias de la fase beta del modelo 06, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	195
Gráfico 6.47.	Simulaciones de los puentes térmicos del modelo 06, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	196
Gráfico 6.48.	Simulaciones de free cooling del modelo 06, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	196
Gráfico 6.49.	Simulaciones de ajuste finales del modelo 06, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	196
Gráfico 6.50.	Demanda energética anual por elemento del modelo 06, demanda anual en kWh/m ² ·año	198
Gráfico 6.51.	Demanda energética anual del modelo 06, demanda anual en kWh/m ² ·año.....	198
Gráfico 6.52.	Demanda energética del modelo 06	198
Gráfico 6.53.	Demanda energética mensual del modelo 06 en kWh.....	199
Gráfico 7.1.	Simulaciones de la fase GAMMA según modelo	203
Gráfico 7.2.	Simulaciones iniciales de la fase gamma del modelo 01, C _{ep,nr} en kWh/m ² ·año.....	207
Gráfico 7.3.	Simulaciones de climatización aire - aire del modelo 01, C _{ep,nr} en kWh/m ² ·año	207
Gráfico 7.4.	Simulaciones de climatización aire - agua / aerotermia del modelo 01, C _{ep,nr} en kWh/m ² ·año.....	208
Gráfico 7.5.	Simulaciones de climatización tierra - agua / geotérmica del modelo 01, C _{ep,nr} en kWh/m ² ·año.....	208
Gráfico 7.6.	Simulaciones de rendimiento de instalaciones de calefacción / biomasa del modelo 01, C _{ep,nr} en kWh/m ² ·año.....	209
Gráfico 7.7.	Simulaciones de rendimiento de instalaciones de calefacción / otras del modelo 01, C _{ep,nr} en kWh/m ² ·año.....	209
Gráfico 7.8.	Simulaciones de aporte solar térmica en ACS del modelo 01, C _{ep,nr} en kWh/m ² ·año	210
Gráfico 7.9.	Simulaciones iniciales de la fase gamma del modelo 02, C _{ep,nr} en kWh/m ² ·año.....	212
Gráfico 7.10.	Simulaciones de climatización aire - aire del modelo 02, C _{ep,nr} en kWh/m ² ·año	212



Gráfico 7.11.	Simulaciones de climatización aire - agua / aerotermia del modelo 02, $C_{ep,nr}$ en kWh/m ² -año.....	213
Gráfico 7.12.	Simulaciones de climatización tierra - agua / geotérmica del modelo 02, $C_{ep,nr}$ en kWh/m ² -año.....	213
Gráfico 7.13.	Simulaciones de rendimiento de instalaciones de calefacción / biomasa del modelo 02, $C_{ep,nr}$ en kWh/m ² -año.....	214
Gráfico 7.14.	Simulaciones de rendimiento de instalaciones de calefacción / otras del modelo 02, $C_{ep,nr}$ en kWh/m ² -año.....	214
Gráfico 7.15.	Simulaciones de aporte solar térmica en ACS del modelo 02, $C_{ep,nr}$ en kWh/m ² -año.....	215
Gráfico 7.16.	Simulaciones iniciales de la fase gamma del modelo 02+, $C_{ep,nr}$ en kWh/m ² -año.....	217
Gráfico 7.17.	Simulaciones de climatización aire - aire del modelo 02+, $C_{ep,nr}$ en kWh/m ² -año.....	217
Gráfico 7.18.	Simulaciones de climatización aire - agua / aerotermia del modelo 02+, $C_{ep,nr}$ en kWh/m ² -año.....	218
Gráfico 7.19.	Simulaciones de climatización tierra - agua / geotérmica del modelo 02+, $C_{ep,nr}$ en kWh/m ² -año.....	218
Gráfico 7.20.	Simulaciones de rendimiento de instalaciones de calefacción / biomasa del modelo 02+, $C_{ep,nr}$ en kWh/m ² -año.....	219
Gráfico 7.21.	Simulaciones de rendimiento de instalaciones de calefacción / otras del modelo 02+, $C_{ep,nr}$ en kWh/m ² -año.....	219
Gráfico 7.22.	Simulaciones de aporte solar térmica en ACS del modelo 02+, $C_{ep,nr}$ en kWh/m ² -año.....	220
Gráfico 7.23.	Simulaciones iniciales de la fase gamma del modelo 03, $C_{ep,nr}$ en kWh/m ² -año.....	222
Gráfico 7.24.	Simulaciones de climatización aire - aire del modelo 03, $C_{ep,nr}$ en kWh/m ² -año.....	222
Gráfico 7.25.	Simulaciones de climatización aire - agua / aerotermia del modelo 03, $C_{ep,nr}$ en kWh/m ² -año.....	223
Gráfico 7.26.	Simulaciones de climatización tierra - agua / geotérmica del modelo 03, $C_{ep,nr}$ en kWh/m ² -año.....	223
Gráfico 7.27.	Simulaciones de climatización / VRV del modelo 03, $C_{ep,nr}$ en kWh/m ² -año.....	224
Gráfico 7.28.	Simulaciones de rendimiento de instalaciones de calefacción / biomasa del modelo 03, $C_{ep,nr}$ en kWh/m ² -año.....	224
Gráfico 7.29.	Simulaciones de rendimiento de instalaciones de calefacción / otras del modelo 03, $C_{ep,nr}$ en kWh/m ² -año.....	225
Gráfico 7.30.	Simulaciones de rooftop del modelo 03, $C_{ep,nr}$ en kWh/m ² -año.....	225
Gráfico 7.31.	Simulaciones iniciales de la fase gamma del modelo 04, $C_{ep,nr}$ en kWh/m ² -año.....	227
Gráfico 7.32.	Simulaciones de climatización aire - aire del modelo 04, $C_{ep,nr}$ en kWh/m ² -año.....	227
Gráfico 7.33.	Simulaciones de climatización aire - agua / aerotermia del modelo 04, $C_{ep,nr}$ en kWh/m ² -año.....	228
Gráfico 7.34.	Simulaciones de climatización tierra - agua / geotérmica del modelo 04, $C_{ep,nr}$ en kWh/m ² -año.....	228
Gráfico 7.35.	Simulaciones de climatización / VRV del modelo 04, $C_{ep,nr}$ en kWh/m ² -año.....	229
Gráfico 7.36.	Simulaciones de rendimiento de instalaciones de calefacción / biomasa del modelo 04, $C_{ep,nr}$ en kWh/m ² -año.....	229
Gráfico 7.37.	Simulaciones de rendimiento de instalaciones de calefacción / otras del modelo 04, $C_{ep,nr}$ en kWh/m ² -año.....	230
Gráfico 7.38.	Simulaciones de rooftop del modelo 04, $C_{ep,nr}$ en kWh/m ² -año.....	230
Gráfico 7.39.	Simulaciones de aporte solar térmica en ACS del modelo 04, $C_{ep,nr}$ en kWh/m ² -año.....	231
Gráfico 7.40.	Simulaciones iniciales de la fase gamma del modelo 05, $C_{ep,nr}$ en kWh/m ² -año.....	233
Gráfico 7.41.	Simulaciones de climatización aire - agua / aerotermia del modelo 05, $C_{ep,nr}$ en kWh/m ² -año.....	233
Gráfico 7.42.	Simulaciones de climatización tierra - agua / geotérmica del modelo 05, $C_{ep,nr}$ en kWh/m ² -año.....	234
Gráfico 7.43.	Simulaciones de rendimiento de instalaciones de calefacción / biomasa del modelo 05, $C_{ep,nr}$ en kWh/m ² -año.....	234
Gráfico 7.44.	Simulaciones de rendimiento de instalaciones de calefacción / otras del modelo 05, $C_{ep,nr}$ en kWh/m ² -año.....	235
Gráfico 7.45.	Simulaciones de rooftop del modelo 05, $C_{ep,nr}$ en kWh/m ² -año.....	235
Gráfico 7.46.	Simulaciones de aporte solar térmica en ACS del modelo 05, $C_{ep,nr}$ en kWh/m ² -año.....	236
Gráfico 7.47.	Simulaciones iniciales de la fase gamma del modelo 06, $C_{ep,nr}$ en kWh/m ² -año.....	238
Gráfico 7.48.	Simulaciones de climatización aire - aire del modelo 06, $C_{ep,nr}$ en kWh/m ² -año.....	238
Gráfico 7.49.	Simulaciones de climatización aire - agua / aerotermia del modelo 06, $C_{ep,nr}$ en kWh/m ² -año.....	239
Gráfico 7.50.	Simulaciones de climatización tierra - agua / geotérmica del modelo 06, $C_{ep,nr}$ en kWh/m ² -año.....	239

**METODOLOGÍA DE DISEÑO Y ANÁLISIS DE SOLUCIONES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA
PARA LA CONSECUCCIÓN DE EDIFICIOS DE CONSUMO CASI NULO (NZEB)**

Gráfico 7.51.	Simulaciones de climatización / VRV del modelo 06, $C_{ep,nr}$ en kWh/m ² -año	240
Gráfico 7.52.	Simulaciones de rendimiento de instalaciones de calefacción / biomasa del modelo 06, $C_{ep,nr}$ en kWh/m ² -año.....	240
Gráfico 7.53.	Simulaciones de rendimiento de instalaciones de calefacción / otras del modelo 06, $C_{ep,nr}$ en kWh/m ² -año.....	241
Gráfico 7.54.	Simulaciones de rooftop del modelo 06, $C_{ep,nr}$ en kWh/m ² -año.....	241
Gráfico 7.55.	Simulaciones de aporte solar térmica en ACS del modelo 06, $C_{ep,nr}$ en kWh/m ² -año	242
Gráfico 8.1.	Simulaciones de la fase DELTA según modelo	247
Gráfico 8.2.	Escenarios del modelo 01, $C_{ep,nr}$ en kWh/m ² -año.....	248
Gráfico 8.3.	Consumo energético anual del escenario 1 modelo 01, en kWh	250
Gráfico 8.4.	Desglose del consumo de energía en función de si la fuente es renovable del escenario 1 modelo 01, en kWh/m ² -año	250
Gráfico 8.5.	Consumo energético anual del escenario 2 modelo 01, en kWh	252
Gráfico 8.6.	Desglose del consumo de energía en función de si la fuente es renovable del escenario 2 modelo 01, en kWh/m ² -año	252
Gráfico 8.7.	Consumo energético anual del escenario 3 modelo 01, en kWh	254
Gráfico 8.8.	Desglose del consumo de energía en función de si la fuente es renovable del escenario 3 modelo 01, en kWh/m ² -año	254
Gráfico 8.9.	Escenarios del modelo 02, $C_{ep,nr}$ en kWh/m ² -año.....	255
Gráfico 8.10.	Consumo energético anual del escenario 1 modelo 02, en kWh	257
Gráfico 8.11.	Desglose del consumo de energía en función de si la fuente es renovable del escenario 1 modelo 02, en kWh/m ² -año	257
Gráfico 8.12.	Consumo energético anual del escenario 2 modelo 02, en kWh.....	259
Gráfico 8.13.	Desglose del consumo de energía en función de si la fuente es renovable del escenario 2 modelo 02, en kWh/m ² -año	259
Gráfico 8.14.	Consumo energético anual del escenario 3 modelo 02, en kWh	261
Gráfico 8.15.	Desglose del consumo de energía en función de si la fuente es renovable del escenario 3 modelo 02, en kWh/m ² -año	261
Gráfico 8.16.	Escenarios del modelo 02+, $C_{ep,nr}$ en kWh/m ² -año	262
Gráfico 8.17.	Consumo energético anual del escenario 1 modelo 02+, en kWh	264
Gráfico 8.18.	Desglose del consumo de energía en función de si la fuente es renovable del escenario 1 modelo 02+, en kWh/m ² -año	264
Gráfico 8.19.	Consumo energético anual del escenario 2 modelo 02+, en kWh	266
Gráfico 8.20.	Desglose del consumo de energía en función de si la fuente es renovable del escenario 2 modelo 02+, en kWh/m ² -año	266
Gráfico 8.21.	Consumo energético anual del escenario 3 modelo 02+, en kWh	268
Gráfico 8.22.	Desglose del consumo de energía en función de si la fuente es renovable del escenario 3 modelo 02+, en kWh/m ² -año	268
Gráfico 8.23.	Escenarios del modelo 03, $C_{ep,nr}$ en kWh/m ² -año.....	269
Gráfico 8.24.	Consumo energético anual del escenario 1 modelo 03, en kWh	271
Gráfico 8.25.	Desglose del consumo de energía en función de si la fuente es renovable del escenario 1 modelo 03, en kWh/m ² -año	271
Gráfico 8.26.	Consumo energético anual del escenario 2 modelo 03, en kWh	273
Gráfico 8.27.	Desglose del consumo de energía en función de si la fuente es renovable del escenario 2 modelo 03, en kWh/m ² -año	273
Gráfico 8.28.	Consumo energético anual del escenario 3 modelo 03, en kWh	275
Gráfico 8.29.	Desglose del consumo de energía en función de si la fuente es renovable del escenario 3 modelo 03, en kWh/m ² -año	275
Gráfico 8.30.	Escenarios del modelo 04, $C_{ep,nr}$ en kWh/m ² -año.....	276
Gráfico 8.31.	Consumo energético anual del escenario 1 modelo 04, en kWh	278
Gráfico 8.32.	Desglose del consumo de energía en función de si la fuente es renovable del escenario 1 modelo 04, en kWh/m ² -año	278
Gráfico 8.33.	Consumo energético anual del escenario 2 modelo 04, en kWh	280
Gráfico 8.34.	Desglose del consumo de energía en función de si la fuente es renovable del escenario 2 modelo 04, en kWh/m ² -año	280
Gráfico 8.35.	Consumo energético anual del escenario 3 modelo 04, en kWh	282
Gráfico 8.36.	Desglose del consumo de energía en función de si la fuente es renovable del escenario 3 modelo 04, en kWh/m ² -año	282
Gráfico 8.37.	Escenarios del modelo 05, $C_{ep,nr}$ en kWh/m ² -año.....	283
Gráfico 8.38.	Consumo energético anual del escenario 1 modelo 05, en kWh	285



Gráfico 8.39.	<i>Desglose del consumo de energía en función de si la fuente es renovable del escenario 1 modelo 05, en kWh/m²-año</i>	<i>285</i>
Gráfico 8.40.	<i>Consumo energético anual del escenario 2 modelo 05, en kWh.....</i>	<i>287</i>
Gráfico 8.41.	<i>Desglose del consumo de energía en función de si la fuente es renovable del escenario 2 modelo 05, en kWh/m²-año</i>	<i>287</i>
Gráfico 8.42.	<i>Consumo energético anual del escenario 3 modelo 05, en kWh.....</i>	<i>289</i>
Gráfico 8.43.	<i>Desglose del consumo de energía en función de si la fuente es renovable del escenario 3 modelo 05, en kWh/m²-año</i>	<i>289</i>
Gráfico 8.44.	<i>Escenarios del modelo 06, C_{ep,nr} en kWh/m²-año.....</i>	<i>290</i>
Gráfico 8.45.	<i>Consumo energético anual del escenario 1 modelo 06, en kWh.....</i>	<i>292</i>
Gráfico 8.46.	<i>Desglose del consumo de energía en función de si la fuente es renovable del escenario 1 modelo 06, en kWh/m²-año</i>	<i>292</i>
Gráfico 8.47.	<i>Consumo energético anual del escenario 2 modelo 06, en kWh.....</i>	<i>294</i>
Gráfico 8.48.	<i>Desglose del consumo de energía en función de si la fuente es renovable del escenario 2 modelo 06, en kWh/m²-año</i>	<i>294</i>
Gráfico 8.49.	<i>Consumo energético anual del escenario 3 modelo 06, en kWh.....</i>	<i>296</i>
Gráfico 8.50.	<i>Desglose del consumo de energía en función de si la fuente es renovable del escenario 3 modelo 06, en kWh/m²-año</i>	<i>296</i>

