



CONTART

PROYECTO ARAGÓN 180 PRIMER EDIFICIO PLURIFAMILIAR PASSIVAHUSCON ESTRUCTURA DE MADERA DE MALLORCA

Busquets Hidalgo, José Manuel¹

¹ Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Mallorca, Palma, España

PALABRAS CLAVE: ECCN, Passivhaus, madera, corcho

INTRODUCCIÓN

La presentación tratará de definir y diferenciar los conceptos de Edificio de Consumo Casi Nulo y Edificio Passivhaus. Posteriormente, se analizarán los principios básicos y requisitos energéticos de los edificios de alta eficiencia energética. A continuación, se explicará cómo se han conseguido cumplir cada uno de los requisitos con las soluciones concretas presentes en este proyecto. Finalmente, se compararán los resultados energéticos obtenidos entre el edificio proyectado (bajo el estándar Passivhaus) y el mismo edificio construido bajo los criterios del CTE HE 2013.

DEFINICIONES

A continuación, se resumen las definiciones más importantes actualmente sobre edificios de consumo casi nulos:

- **Directiva 2010/31/UE:** “Un Edificio de Consumo de Energía Casi Nulo es un edificio con un nivel de eficiencia energética muy alto. La cantidad casi nula o muy baja de energía requerida debería estar cubierta, en muy amplia medida, por energía procedente de fuentes renovables, incluida energía procedente de fuentes renovables producida in situ o en el entorno”
- **RD 564/2017 que modifica el RD 235/2013:** “Los requisitos mínimos que deben satisfacer los Edificios de Consumo de Energía Casi Nulo serán los que en cada momento se determinen en el Código Técnico de la Edificación”
- **Dr. Wolfgang Feist (Passivhaus Institut):** “una casa pasiva es un edificio para el cual se puede lograr el confort térmico únicamente mediante el calentamiento posterior o el enfriamiento posterior de la masa de aire fresco que se requiere para lograr suficientes condiciones de calidad del aire interior”

A partir de las tres definiciones anteriores se puede establecer la relación de que cualquier edificio que cumpla con estándar Passivhaus encaja dentro de la definición de Edificio de Consumo Casi Nulo, pero no todos los Edificios de Consumo Casi Nulo regulados por nuestra



CONTART

normativa se podrán considerar edificios Passivhaus.

El hecho de que la Unión Europea haya dejado en manos de los Estado Miembros la definición de un Edificio de Consumo provoca la discrepancia o libre consideración de lo que este tipo de edificios se debe considerar.

DESARROLLO/METODOLOGÍA

En el siguiente apartado se resumirán los requisitos y principios para poder certificar un edificio bajo el estándar Passivhaus en clima mediterráneo. A su vez se realizará una revisión de las soluciones constructivas adoptadas en este proyecto para poder cumplir con los requisitos establecidos.

REQUISITOS DEL ESTÁNDAR PASSIVHAUS

Los requisitos principales y más conocidos del estándar Passivhaus son 4 (figura 1):



Figura 1. Requisitos Passivhaus. Plataforma Edificación Passivhaus

A partir de aquí entran en juego otros requisitos no tan comúnmente conocidos, pero que en el clima mediterráneo y sobre todo el archipiélago Balear, tienen una incidencia muy importante para poder conseguir certificar un proyecto.

Estos requisitos tienen su peso básicamente durante la temporada de refrigeración. Se trata de la frecuencia de sobrecalentamiento por encima de los 25°C y de la frecuencia excesivamente alta de humedad por encima de los 12 g/kg aire.

Si el edificio dispone de un sistema de refrigeración activa, se debe cumplir con el límite de demanda de refrigeración y, la frecuencia excesivamente alta de humedad por encima de los 12 g/kg aire, no debe superar el 10% de las horas. En cambio, si el edificio no dispone de un sistema de refrigeración activa se debe cumplir la doble condición de que la frecuencia de sobrecalentamiento por encima de los 25°C no supere el 10 de las horas y la frecuencia



CONTART

excesivamente alta de humedad por encima de los 12 g/kg aire no supere el 20% de las horas.

PRINCIPIOS DEL ESTÁNDAR PASSIVHAUS

En la definición clásica del estándar Passivhaus se establecen 5 principios básicos a la hora de conseguir diseñar y construir un edificio que cumpla con sus exigencias (figura 2):

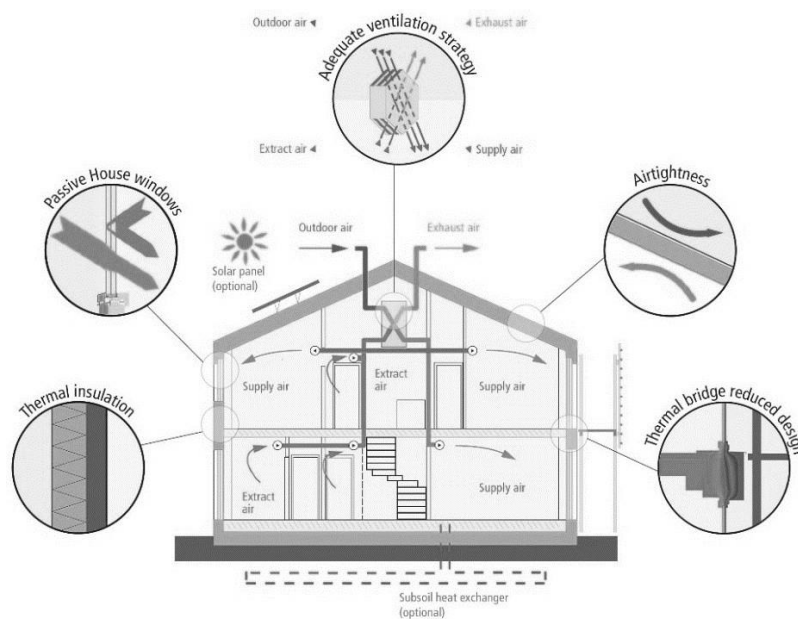


Figura 2. Principios Passivhaus. Passivhaus Institut

Del mismo modo que con los requisitos, para el clima mediterráneo es importante, y en según qué casos es fundamental, tener en cuenta otro requisito: la optimización de las ganancias solares y de calor interior.

El aprovechamiento de las ganancias solares y de calor internas generadas por las personas, los electrodomésticos y la iluminación forman parte del balance energético del edificio. De igual modo la protección en verano frente al exceso de radiación solar es imprescindible.

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto "Aragó 180" consiste en la construcción de un edificio de 19 viviendas distribuidas en 5 plantas, con locales en planta baja y 2 plantas de sótano destinado a



CONTART

aparcamiento.

Más allá de aplicar el estándar Passivhaus, el proyecto destaca por la utilización de materiales de origen natural en toda la creación de la envolvente térmica y la estructura. La estructura de toda la zona destinada a vivienda (plantas 1 a 5) está formada por paneles de madera de CLT. A su vez, los aislamientos de la envolvente térmica estarán compuestos en gran medida por planchas de corcho natural. Todo ello, convierte el proyecto "Aragó 180" en el primer edificio en altura realizado en estructura íntegra de madera y con aislamientos ecológicos que se va a construir en las Illes Balears.

ENVOLVENTE TÉRMICA

En el presente apartado se describirán las composiciones constructivas que conforman la envolvente térmica del proyecto para poder cumplir con los requisitos del estándar Passivhaus.

- **Fachada exterior:** estará compuesta por un muro portante de CLT, aislado por el exterior con 8 cm de aislamiento de corcho natural y un trasdosado interior formado por estructura de acerogalvanizado y paneles de fibra de yeso, relleno con lana mineral de 5 cm.
- **Cubierta:** estará compuesta por estructura horizontal de CLT vista, aislado exteriormente con 12 cm de aislamiento de corcho natural. El acabado variará en función del uso de la cubierta: plots con suelo técnico en terrazas transitables y relleno de gravas en cubiertas no transitables.
- **Suelos:** los suelos tanto en contacto con los locales sin uso como con el aire exterior estarán formados por una losa de hormigón armado con 5 cm de aislamiento de lana mineral y las correspondientes capas de pavimento.
- **Carpinterías:** los marcos proyectados son de madera con perfil de 70 mm en las fachadas que dan al patio interior y perfil de 90 mm en las fachadas que dan a la calle.
- **Vidrios:** los vidrios a instalar en todas las carpinterías exteriores serán dobles bajos emisivos con cámara de argón de 16 mm. Tendrán un valor U de $1.03 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ y un factor solar (g) de 0.45.
- **Puentes térmicos:** al ser una estructura de madera con aislamiento exterior la presencia e impacto de los puentes térmicos será mínima. En cualquier caso, se resolverán todos los encuentros donde no se pueda garantizar la continuidad del aislamiento mediante bloques de vidrio celular.
- **Hermeticidad:** uno de los parámetros más determinantes para conseguir un edificio de consumo casi nulo. En este proyecto se utiliza la estructura de CLT como elemento hermético superficial, sellando todas las uniones entre paneles, contorno de carpinterías y pasos de instalaciones mediante cintas especiales y collarines de



CONTART

EPDM.

INSTALACIONES

Como en la mayoría de proyectos pasivos, las instalaciones térmicas pasan a un segundo plano debido a la baja demanda energética. En cambio, adquiere importancia la instalación de ventilación.

En este sentido, se ha apostado por instalar recuperadores de calor entálpicos de doble flujo individuales por vivienda, a los cuáles se les instalará en el conducto de aire de admisión una batería de postratamiento que realizará una doble función: por un lado, climatizará el aire de ventilación, y por otro, realizará las tareas de deshumectación.

Para alimentar las mencionadas baterías se instalarán en la cubierta del edificio dos bombas de calor aerotérmicas para la producción del agua fría y caliente necesaria para climatizar. A parte, se instalará una tercera bomba de calor destinada a la producción de agua caliente sanitaria.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente apartado se presentan los resultados del cálculo con la herramienta PHPP 9 (Passive House Planning Package). Se compara el edificio objeto explicado en la memoria con el mismo edificio, pero con los parámetros mínimos para la justificación del nuevo DB HE-1 2019. En concreto, para simplificar la comparativa, se utilizan los valores orientativos de transmitancia del Anejo E del mencionado documento básico para la zona climática de invierno "B" (figura 3).

Anejo E Valores orientativos de transmitancia

- 1 La tabla a-Anejo E aporta valores orientativos de los parámetros característicos de la envolvente térmica que pueden resultar útiles para el predimensionado de soluciones constructivas de edificios de uso residencial privado, para el cumplimiento de las condiciones establecidas para el coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente (apartado 3.1.1 – HE1):

Tabla a-Anejo E. Transmitancia térmica del elemento, U [W/m² K]

| | Zona Climática de invierno | | | | | |
|--|----------------------------|------|------|------|------|------|
| | α | A | B | C | D | E |
| Muros y suelos en contacto con el aire exterior, U_M, U_S | 0,56 | 0,50 | 0,38 | 0,29 | 0,27 | 0,23 |
| Cubiertas en contacto con el aire exterior, U_c | 0,50 | 0,44 | 0,33 | 0,23 | 0,22 | 0,19 |
| Elementos en contacto con espacios no habitables o con el terreno, U_T | 0,80 | 0,80 | 0,69 | 0,48 | 0,48 | 0,48 |
| Huecos (conjunto de marco, vidrio y, en su caso, cajón de persiana), U_H | 2,7 | 2,7 | 2,0 | 2,0 | 1,6 | 1,5 |

Los valores de esta tabla son para la intervención en la globalidad del edificio, es decir, para edificios nuevos o intervenciones sobre edificios existentes que afecten a la globalidad de la *envolvente térmica* (>25%)
Para el caso de reformas que afecten a <25% de la *envolvente térmica* los valores límite de *transmitancia térmica* para los diferentes elementos constructivos son los de la tabla 3.1.1.a-HE1

- 2 Los valores anteriores presuponen un correcto tratamiento de los puentes térmicos.

Figura 3. Valores orientativos de transmitancia DB HE-1 2019



CONTART

Los resultados de las simulaciones se muestran en las siguientes figuras (figura 4 y 5):

| Valores específicos del edificio con referencia a la superficie de referencia energética | | | | | criterio | Criterios alternativos | ¿Cumplido ² |
|--|---|------------------------|--------|---|----------|------------------------|------------------------|
| Calefacción | Superficie de referencia energética | m ² | 1494.7 | | 15 | - | Sí |
| | Demanda de calefacción | kWh/(m ² a) | 10.84 | ≤ | - | 10 | |
| | Carga de calefacción | W/m ² | 11.02 | ≤ | - | 10 | |
| Refrigeración | Demanda refrigeración & deshum. | kWh/(m ² a) | 18.01 | ≤ | 21 | 21 | Sí |
| | Carga de refrigeración | W/m ² | 8.81 | ≤ | - | 11 | |
| | Frecuencia de sobrecalentamiento (> 25 °C) | % | - | ≤ | - | - | |
| | Frecuencia excesivamente alta humedad (> 12 g/kg) | % | 0.00 | ≤ | 10 | - | |
| Hermeticidad | Resultado ensayo presión n ₅₀ | 1/h | 0.65 | ≤ | 0.6 | - | Sí |
| Energía Primaria no renovable (EP) | Demanda EP | kWh/(m ² a) | 94.17 | ≤ | 100 | - | Sí |
| Energía Primaria Renovable (PER) | Demanda PER | kWh/(m ² a) | 58.88 | ≤ | - | - | - |
| | Generación de Energía Renovable (en relación con área de la huella del edificio proyectado) | kWh/(m ² a) | 0 | ≥ | - | - | |
| | | | | | | | |

² Celda vacía: Falta dato; '-': Sin requerimiento

Figura 4. resultados proyecto A180 según estándar Passivhaus

| Valores específicos del edificio con referencia a la superficie de referencia energética | | | | El PHPP no se ha completado totalmente; no es válido como comprobación | | | |
|--|---|------------------------|--------|--|----------|------------------------|------------------------|
| | | | | | criterio | Criterios alternativos | ¿Cumplido ² |
| Calefacción | Superficie de referencia energética | m ² | 1494.7 | | 15 | - | No |
| | Demanda de calefacción | kWh/(m ² a) | 30.06 | ≤ | - | 10 | |
| | Carga de calefacción | W/m ² | 25.12 | ≤ | - | 10 | |
| Refrigeración | Demanda refrigeración & deshum. | kWh/(m ² a) | 27.41 | ≤ | 21 | 21 | No |
| | Carga de refrigeración | W/m ² | 14.68 | ≤ | - | 11 | |
| | Frecuencia de sobrecalentamiento (> 25 °C) | % | - | ≤ | - | - | |
| | Frecuencia excesivamente alta humedad (> 12 g/kg) | % | 18.29 | ≤ | 10 | - | |
| Hermeticidad | Resultado ensayo presión n ₅₀ | 1/h | 6.00 | ≤ | 0.6 | - | No |
| Energía Primaria no renovable (EP) | Demanda EP | kWh/(m ² a) | 144.17 | ≤ | 100 | - | No |
| Energía Primaria Renovable (PER) | Demanda PER | kWh/(m ² a) | 98.13 | ≤ | - | - | - |
| | Generación de Energía Renovable (en relación con área de la huella del edificio proyectado) | kWh/(m ² a) | 0 | ≥ | - | - | |
| | | | | | | | |

² Celda vacía: Falta dato; '-': Sin requerimiento

Figura 5. resultados proyecto A180 según CTE HE 2019

Como se puede observar en las figuras anteriores, los valores del nuevo código técnico dan como resultado unas demandas mucho más altas que las obtenidas con la aplicación del estándar Passivhaus. Llama la atención que la demanda de calefacción prácticamente se triplica, mientras que la derefrigeración únicamente se incrementa en aproximadamente un 50%.

A continuación, se muestran los resultados y porcentajes de reducción entre ambas opciones. En concreto se comparan los resultados en demanda de calefacción (figura 6), demanda de refrigeración (figura 7), carga de calefacción (figura 8), carga de refrigeración



CONTART

(figura 9), consumo de energía primaria no renovable (figura 10) y emisiones de CO² (figura 11):

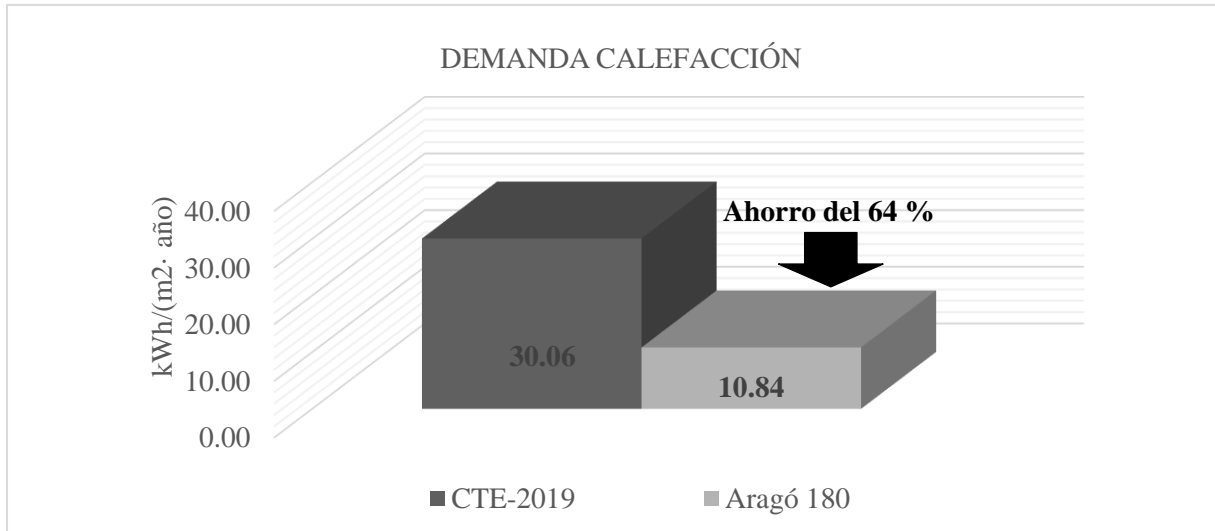


Figura 6. comparativa demanda de calefacción

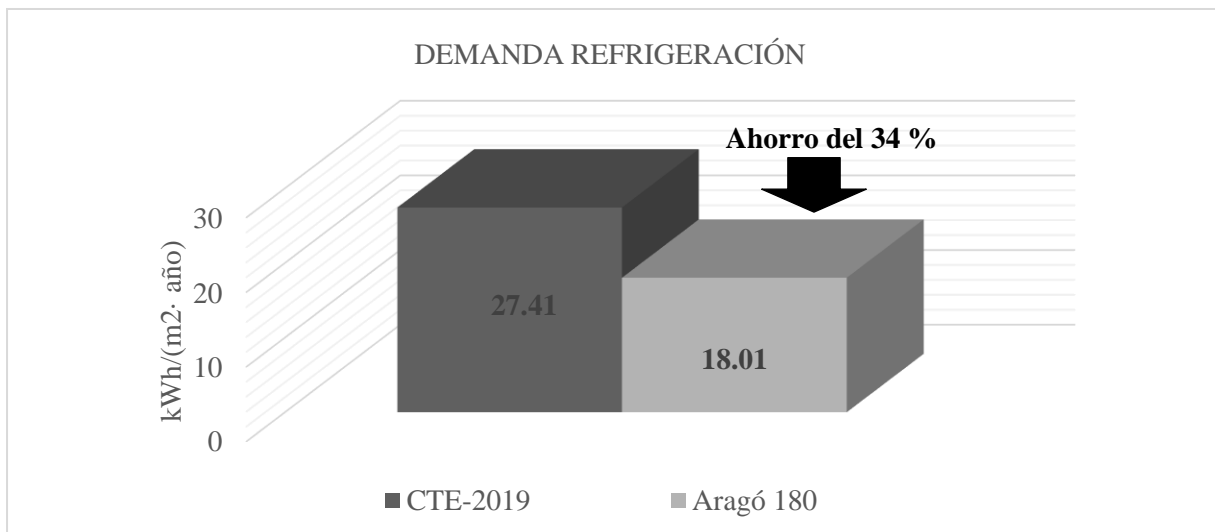


Figura 7. comparativa demanda de refrigeración



CONTART

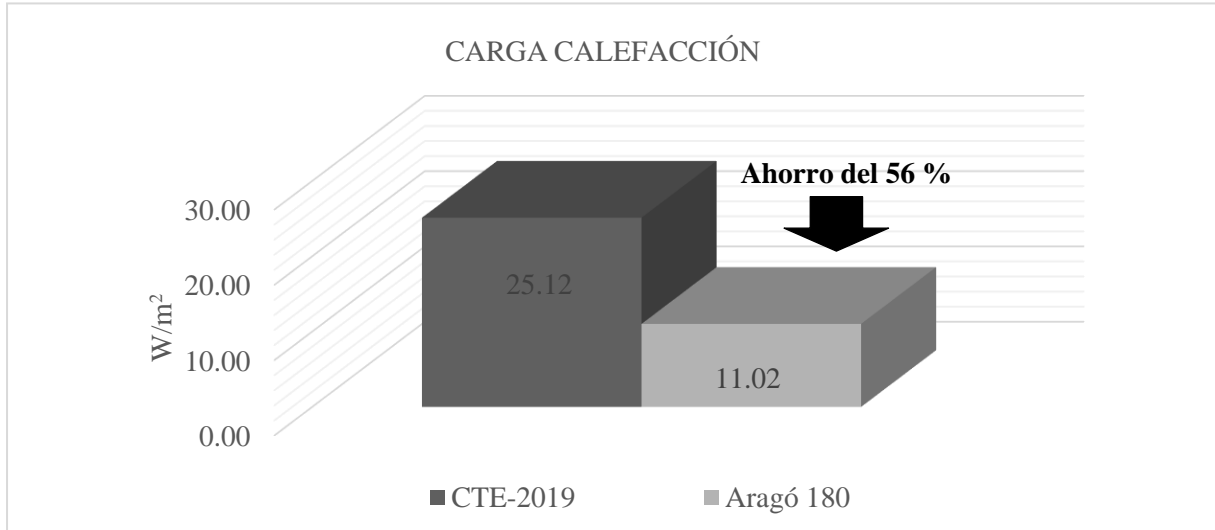


Figura 8. comparativa carga de calefacción

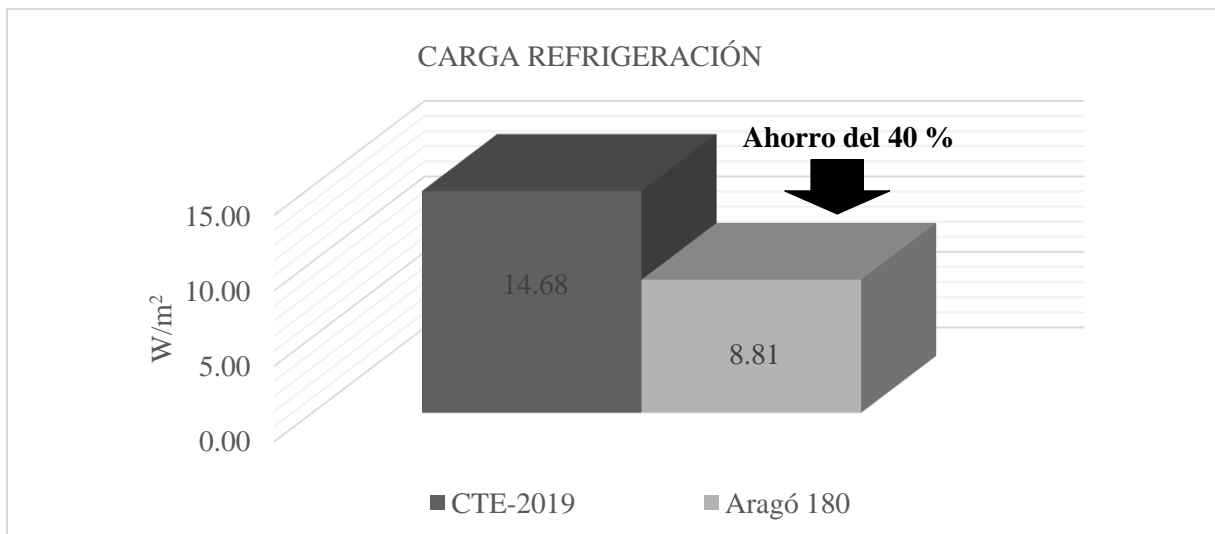


Figura 9. comparativa carga de refrigeración

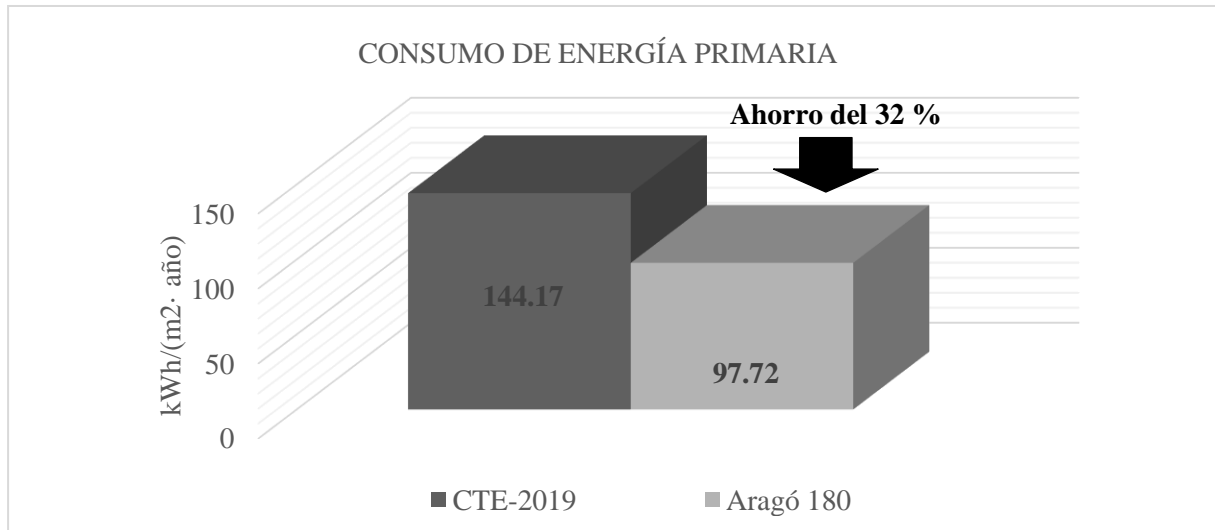


Figura 10. comparativa de consumo de energía primaria

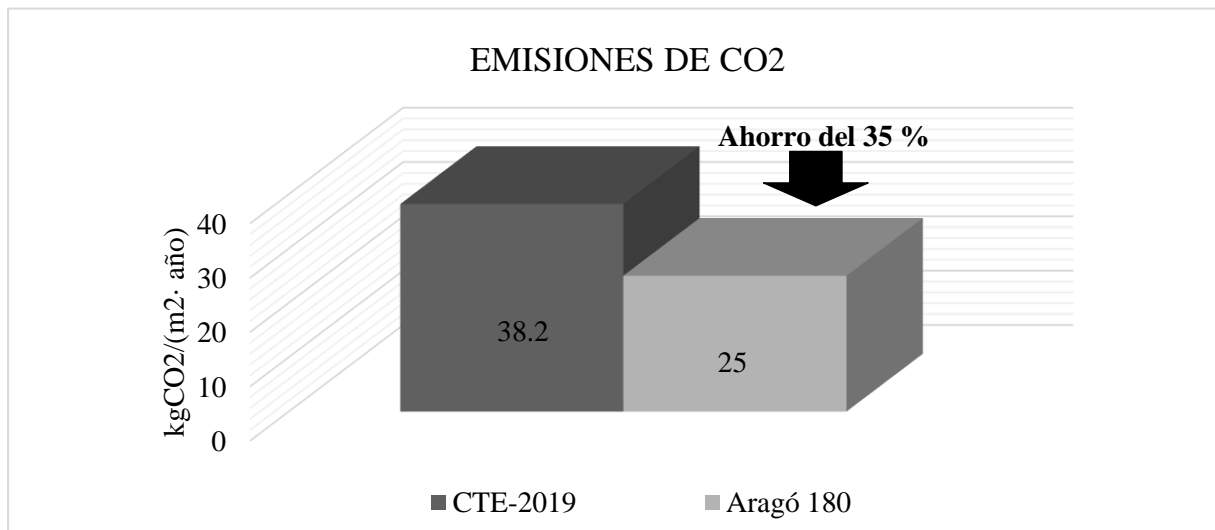


Figura 11. comparativa de emisiones de CO₂



CONCLUSIONES

Las conclusiones que se pueden extraer del presente proyecto son:

- **Es viable realizar un proyecto Passivhaus en clima mediterráneo sin realizar grandes cambios respecto al nuevo CTE HE 2019.** Los niveles de aislamiento para cumplir con nuestra nueva normativa no son prácticamente distintos respecto a los necesarios para cumplir el estándar Passivhaus. La principal diferencia entre un modelo y otro suele estar el alto nivel de hermeticidad y la obligación de instalar un sistema de ventilación con recuperación de calor. El incremento de inversión en estos dos campos suele verse compensado con la notable disminución de los sistemas tradicionales de calefacción y refrigeración.
- **Falta concretar mejor los requisitos, la definición y el procedimiento de aplicación en obra para garantizar el resultado correcto en Edificio de Consumo Casi Nulo.** En España, los Edificios de Consumo Casi Nulo son los que cumplan con el Código Técnico de la Edificación. Con la nueva revisión del CTE se ha incorporado a nuestra normativa el aspecto de la permeabilidad al aire de la envolvente, pero los límites de cumplimiento siguen bastante lejos de los necesarios para edificios que se puedan considerar pasivos. Por otro lado, los controles de ejecución para que lo proyectado sea lo que realmente se construye son muy precarios y por tanto la desviación de lo que se pretende construir y lo que realmente se construye puede ser muy diferente.
- **La envolvente térmica y, en consecuencia, la demanda energética del edificio son el eje principal de actuación.** En los últimos 40 años los edificios se han definido por tener unas envolventes tímidamente aisladas y combatiendo las necesidades de confort con sistemas activos de gran potencia. Este hecho nos ha convertido en una sociedad con un alto nivel de consumo energético y muy dependientes de la evolución de los precios de la energía y de los sistemas tecnológicos. Por tanto, darle la vuelta a este paradigma no es solo una necesidad para la sociedad en general, sino también para el planeta. Es necesario que construyamos edificios con demandas ínfimas de energía y que sean capaces de mantener el confort de los usuarios la mayor parte del año de manera pasiva.
- **Hay vida más allá de los aislamientos.** Se debe buscar un enfoque más holístico de las envolventes térmicas, analizando todo el balance térmico del edificio y detectar los principales focos de actuación. En este ámbito, la resolución de los puentes térmicos y la ejecución de envolventes herméticas juegan un papel fundamental.
- **En clima mediterráneo, la protección solar juega un papel determinante para conseguir una demanda casi nula en refrigeración.** A diferencia de los climas de origen del estándar Passivhaus (centro-europa), el clima mediterráneo necesita un equilibrio entre demandas de calefacción y refrigeración muy delicado. Las estrategias para el invierno son muy claras y están bien definidas, pero las estrategias encaminadas a la disminución de la demanda de refrigeración son más



CONTART

dependientes de un correcto diseño inicial. El uso de voladizos y salientes de sombreado, así como la instalación de sistemas de protección solar móviles, devienen en elementos fundamentales para conseguir certificar edificios Passivhaus en climas templados o cálidos.

AGRADECIMIENTOS

- **Promotora:** BIC (Balear Immobilien Consult) & Gaia Living
- **Arquitectura:** Aulets Arquitectes
- **Consultoría energética:** Societat Orgànica
- **Passivhaus Designer:** +efficiency. Oficina tècnica
- **Passivhaus Certifier:** VAND Arquitectura.