



Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, ICADE

PROPUESTA DE MODELO DE VIVIENDA PASIVA PARA IMPLEMENTAR EN UCRANIA TRAS LA GUERRA VIGENTE

Autora: Margarita Ybarra Román (201904044)

Directora: María Belén Aldecoa Martínez

MADRID - Junio 2023

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es proponer un modelo de vivienda prefabricada que cumpla las características de la certificación *Passivhaus*, para ser implantada en Ucrania tras la guerra vigente. Se busca que el prototipo sirva de ejemplo en la urgente reconstrucción del país, dando hogar a ciudadanos que siguen alojándose en centros de acogida o viviendas informales precarias. El proyecto busca tomar iniciativa de cara a la transición hacia la arquitectura sostenible que tanto urge. Y por tanto, servir de ejemplo a otros países en situaciones similares de reconstrucción, como por ejemplo aquellos derruidos por desastres naturales climáticos. Asimismo, para el desarrollo del modelo, se han utilizado datos actuales de compañías de construcción de viviendas pasivas, buscando que la propuesta sea lo más realista y útil posible bajo las condiciones supuestas.

PALABRAS CLAVE

Arquitectura Sostenible, Eficiencia energética, Edificación Ecológica, Energías Renovables, Viviendas Pasivas, Certificación *Passivhaus*, Optimización, Modelo de Construcción.

ABSTRACT

The objective of this work is to propose a prefabricated housing model that meets the characteristics of the *Passivhaus* certification, to be implemented in Ukraine after the current war. It is intended that the prototype serves as an example in the urgent reconstruction of the country, giving a home to citizens who continue to stay in reception centers or precarious informal housing. The project seeks to take the initiative in the face of the transition towards sustainable architecture that is so urgent. And therefore, serve as an example to other countries in similar reconstruction situations, such as those destroyed by natural climatic disasters. Likewise, for the development of the model, current data from passive house construction companies has been used, seeking to make the proposal as realistic and useful as possible under the assumed conditions.

KEY WORDS

Sustainable architecture, Energy Efficiency, Ecological Building, Renewable Energies, Passive House Certification, Optimisation, Construction model.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. Introducción y Objetivos.....	4
2. Metodología.....	5
3. Marco Teórico.....	7
a. La urgente transición hacia una arquitectura sostenible.....	7
b. ¿Qué es una vivienda pasiva?.....	11
c. Certificación Passivhaus.....	14
d. Clasificación de viviendas pasivas.....	17
e. Otras tendencias en la construcción ecológica.....	18
f. La situación en Ucrania.....	20
g. Ayudas internacionales a Ucrania.....	22
4. Propuesta de vivienda pasiva prefabricada.....	25
a. Antecedentes.....	25
b. Propuesta de diseño de la vivienda.....	28
c. Soluciones arquitectónicas de la propuesta.....	29
6. Evaluación del Proyecto.....	35
7. Limitaciones.....	37
8. Conclusión.....	38
9. Futuras líneas de investigación.....	40
10. Bibliografía.....	41

ÍNDICE DE FIGURAS

1. Consumo energético y CO2 emitido en EEUU (2013).....	7
2. Fuentes utilizadas en la generación de energía en la UE (2010 - 2020)).....	8
3. Reservas de petróleo y gas mundiales (1960 - 2030).....	9
4. Megaron griego del Neolítico vs. propuesta de Sócrates.....	12
5. Representación visual de una ventana con triple acristalamiento.....	14
6. Representación visual del intercambio de temperaturas en un puente térmico...	15
7. Representación visual de un sistema de ventilación controlada con recuperación del calor.....	16
8. Representación gráfica de los ataques rusos en Ucrania.....	21
9. Restos de apartamentos destruidos por aviones rusos en Ucrania.....	22
10. Anna Shevchenko, ante su casa destrozada en Irpin, cerca de Kiev.....	24
11. Mapa de Ucrania.....	25
12. Diagrama de la Temperatura máxima y mínima promedio en Kiev.....	26
13. Horas de luz natural y crepúsculo en Kiev.....	27
14. Tabla con las <i>medidas de la vivienda propuesta</i>	28
15. Plano de la vivienda.....	29
16. Plano del proyecto donde se ve la alineación de diez viviendas y su orientación al sol.....	30
17. Imágen que compara el ángulo de la luz solar en verano y en invierno.....	30
18. Representación visual de la zona de entrada de las viviendas.....	32
19. Paneles de madera contralaminados.....	33
20. Sistema de recuperación de calor.....	35
21. Ejemplos de diseño exterior en viviendas pasivas.....	38

1. Introducción y Objetivos

Desde pequeña he tenido claro que la manera de aportar valor al mundo en que vivimos es buscando solucionar un problema que perjudique al mayor número de individuos posible. Y qué mayor desafío que la crisis del cambio climático a la que se enfrenta nuestro planeta desde hace décadas y que afecta a todo ser vivo. A medida que los hitos del calentamiento global se vuelven más evidentes, impulsados en su mayoría por las actividades humanas, los ecosistemas se están alterando, los fenómenos climáticos aumentan aceleradamente y la biodiversidad cae a niveles históricos (Nieto, 2016). Sin embargo, esto a su vez presenta una oportunidad única para movilizarnos hacia un futuro más resiliente y sostenible. Por ello, la acción colectiva es urgente de cara a la adopción de medidas audaces, con el fin de mitigar los efectos de esta crisis medioambiental y preservar nuestro valioso hogar.

Derivado de mi interés por la arquitectura sostenible, me empecé a interesar por el modelo de vivienda pasiva hace un tiempo. Sumado a mi disposición por ayudar a reducir la crisis climática, para mi trabajo de fin de grado he querido investigar a fondo en la materia y desarrollar un modelo fundamentado que pueda aportar valor a la sociedad.

Considerando que uno de los requisitos para la implementación de una casa pasiva es su orientación de cara a aprovechar al máximo la energía solar, la opción más sencilla, lógica y económica es construir estas viviendas desde cero en vez de intentar convertir estructuras existentes. Consecuentemente, pensando en alguna zona con el espacio libre suficiente para desarrollar un proyecto de edificación como tal, he optado por diseñar un modelo de vivienda que pueda ser implementado en la reconstrucción de Ucrania tras la guerra vigente. Este país del primer mundo va a recibir grandes inversiones extranjeras de cara a su reconstrucción (Iglesias et al., 2022). Por ello, considero que es un buen momento para rediseñar el espacio que tiene sin edificar, implantando *Passivhouses* que a largo plazo optimicen los gastos de los ucranianos con la crisis económica que se avecina. Además, esto ayudaría a desarrollar el país hacia la eficiencia energética y el uso de materiales sostenibles de construcción: factores necesarios considerando el calentamiento global existente. El proyecto podría convertir a la nación en pionera del sector, atrayendo el turismo y también nuevos empleos con el fin de combatir su crisis financiera postguerra. Asimismo, convertiría al país en un referente de edificios eco-eficientes a nivel mundial, del que podrían aprender el resto de naciones de cara a la ola de transformación en inmuebles que tanto urge hoy en día para frenar el gasto de energía y consecuente cambio climático.

Finalmente, es importante considerar el factor de urgencia en la reconstrucción del país. Miles de familias han perdido su hogar de la noche a la mañana y viven en centros de acogida o en viviendas informales precarias. Por ello, las viviendas del proyecto serán de carácter prefabricado, con el fin de ser implantadas lo más rápido posible (Estrada Villaseñor et al., 2018).

En suma, el objetivo de este trabajo es proponer un modelo de vivienda pasiva prefabricada para implantar en Ucrania tras la guerra, a fin de reconstruir el país y contribuir a la eficiencia ecosocial. Ahora más que nunca, es momento de enfocar iniciativas hacia la optimización y el desarrollo, y Europa debería aprovechar su poder e influencia para liderar planes como este, aprovechando el ataque Ruso como motivación para luchar por un futuro mejor y más seguro para todos.

2. Metodología

Para lograr los objetivos de este trabajo, se compaginan temas muy diversos. Desde la necesidad urgente que existe de transicionar hacia modelos de construcción más eficientes, hasta la guerra entre Rusia y Ucrania. Por ello, considero pertinente comenzar con un marco teórico explicativo donde se investigarán en detalle cada una de las variables necesarias para que la propuesta final de modelo de vivienda pasiva prefabricada sea lo más útil y realista posible. Para la exploración, se utilizará una amplia variedad de fuentes como: artículos periodísticos, documentales y discursos. Esto permitirá comparar y contrastar diversos puntos de vista y opiniones, maximizando el valor del trabajo. Asimismo, el marco teórico se dividirá en siete secciones:

1. La urgente transición hacia una arquitectura sostenible
2. ¿Qué es una vivienda pasiva?
3. Certificación *Passivhaus*
4. Clasificación de viviendas pasivas
5. Otras tendencias en la construcción ecológica
6. La situación en Ucrania
7. Ayudas internacionales a Ucrania

Basándonos en esta sección informativa, se procederá a idear la propuesta de vivienda pasiva prefabricada. Para ello me basaré en datos actuales de compañías de construcción de viviendas pasivas, buscando que mi modelo de *Passivhaus* sea lo más realista posible bajo las condiciones supuestas. Para reducir aún más el margen de error, se diseñará un único modelo de vivienda con características concretas que permitan albergar a una familia ucraniana de tamaño medio. Esto permitirá desarrollar un prototipo que sirva como base de la que partir a la hora de seguir extendiendo el proyecto a viviendas de diversas singularidades.

Posteriormente, se analizará y discutirá la propuesta de negocio de manera crítica, detallando las ventajas y desventajas de implementarla. En este apartado se tendrá en cuenta el impacto: medioambiental, social y económico.

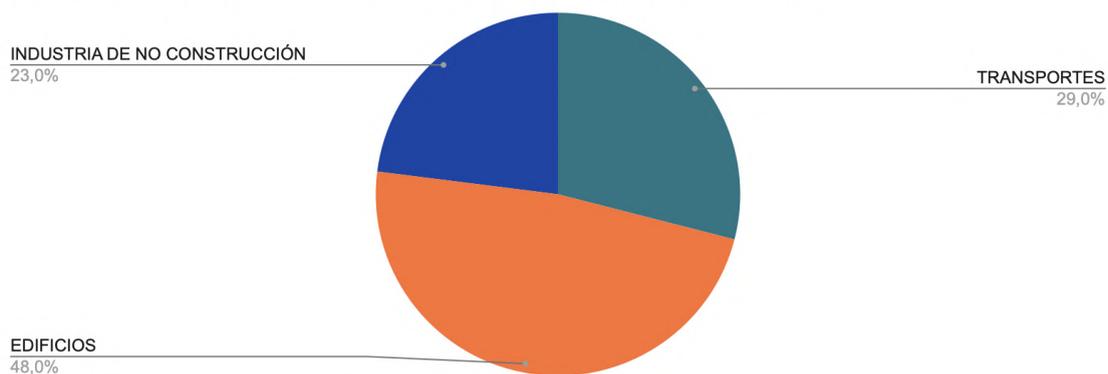
Por último, se concluirá el trabajo, resaltando los puntos importantes y determinando si sería positivo el desarrollo de un proyecto de viviendas pasivas prefabricadas en Ucrania tras la guerra actual.

3. Marco Teórico

a. La urgente transición hacia una arquitectura sostenible

La arquitectura nunca ha demostrado demasiado compromiso por la madre tierra y sin embargo es una de las áreas de actividad que más influye en su deterioro. Más del 40% del CO2 emitido a la atmósfera, y que causa el calentamiento global, surge a raíz de la edificación (Statista Research Department, 2022). En el siguiente gráfico podemos observar el ejemplo de Estados Unidos, donde la emisión de dióxido de carbono en edificios es claramente predominante al resto de sectores. EEUU sirve de ejemplo representativo ya que es el segundo país con mayor índice de emisiones de este gas contaminante (Statista Research Department, 2022).

Figura 1.

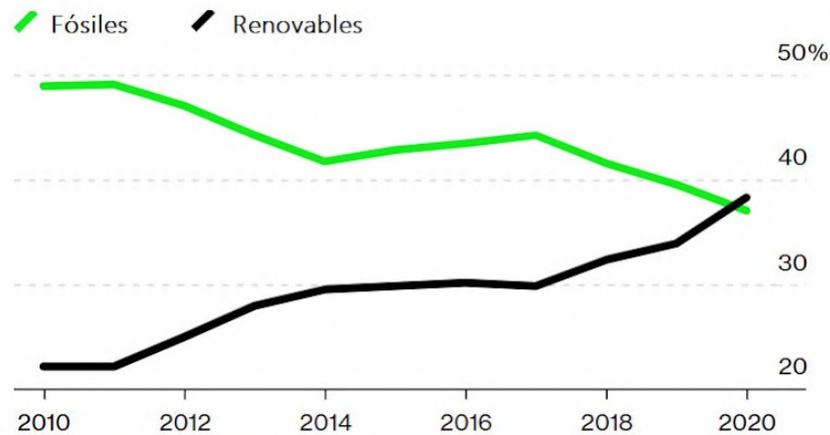


Consumo energético y CO2 emitido en EEUU (2013).

Fuente: Passive House Revolution Official Documentary, 2013.

Tanto la construcción, como la calefacción, refrigeración e iluminación utilizada en viviendas e inmuebles, juegan un papel fundamental en la crisis climática. No sólo emitiendo CO2, sino también otros muchos gases de efecto invernadero. Esto ocurre principalmente porque gran parte de la energía utilizada proviene de combustibles fósiles, como el gas natural, el petróleo o el carbón (Aguilera, 2020). Como evidencia de esto, el siguiente gráfico muestra cómo las fuentes no renovables de energía han prevalecido a las renovables a lo largo de la historia en la UE.

Figura 2.



Fuentes utilizadas en la generación de energía en la UE.

Fuente: Barrero, 2021.

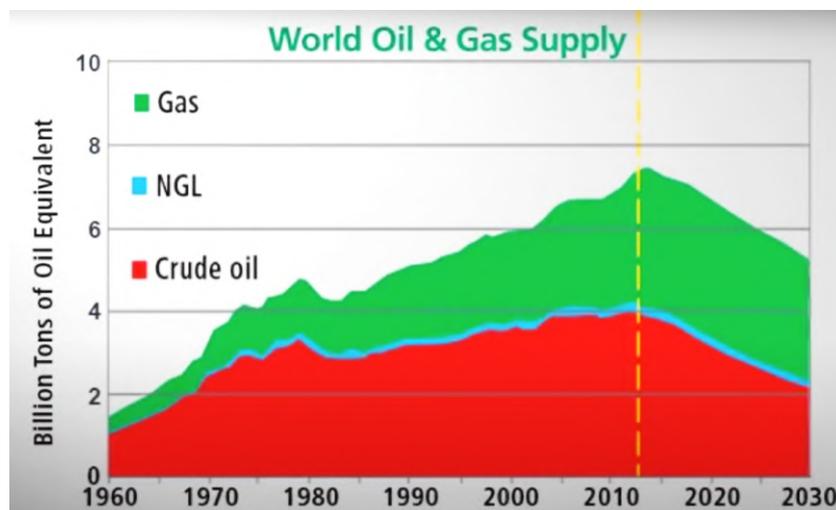
No obstante, denotamos que en 2020, las renovables tomaron la delantera. En concreto, de 2019 a 2020, el porcentaje de energías renovables en la red europea aumentó de un 34% a un 38% (Barrero, 2021). Este aceleramiento de su gradual incorporación ocurrió gracias a la pandemia mundial. Las restricciones impuestas por el COVID en relación al aislamiento domiciliario, aumentaron notablemente el costo energético de las familias por pasar más tiempo en sus viviendas. En consecuencia, creció el número de individuos que optaron por incorporar energías “verdes” en sus propiedades inmobiliarias (World Energy Trade, 2021). Entre ellas, las energías hidroeléctrica, solar, eólica, y geotérmica, se integraron poco a poco en la generación de electricidad y en sistemas de refrigeración y calefacción más sostenibles. Y todo ello, a través de prácticas como la instalación de bombas de calor, sistemas de paneles solares, y otras tecnologías renovables. Esta tendencia ocurrió tanto en la Unión Europea como en el resto de países, pero aunque sirviese de impulso, sigue quedando mucho trabajo de cara a optimizar el uso de energías en la arquitectura (Aguilera, 2020).

Otro punto clave para reducir notablemente la emisión de gases de efecto invernadero provenientes de la edificación, es sustituir materiales y técnicas de construcción por otras que reduzcan directamente el uso de la energía. Es decir, no solo es importante que las energías utilizadas provengan de fuentes limpias para el medioambiente, sino además debemos reducir este consumo para poder dejar de depender de los combustibles fósiles a largo plazo (Aguilera, 2020). Algunos ejemplos de esto son: mejorar la calidad de

los aislamientos térmicos, instalar ventanas con doble o triple acristalamiento y marcos de baja conductividad térmica, e instalar sistemas de ventilación mecánica con recuperación del calor. Entre otros, estos factores minimizarían el ingreso de calor en verano y la pérdida de este en invierno, optimizando la eficiencia energética en edificios y viviendas.

Como declaró la *Agencia Internacional de la Energía* en uno de sus informes: “*la situación actual energética es insostenible, y si continuamos de esta manera muchos lugares dejarán de ser habitables*” (International Energy Agency, 2021). Un ejemplo de esto son las zonas costeras, que acabarán por desaparecer a raíz de inundaciones causadas por el deshielo de los polos (Wallace-Wells, 2019). Es necesario que demos un giro de 360 grados a la manera en que utilizamos la energía en nuestros hogares. Como muestra el siguiente diagrama, ya hemos sobrepasado el punto de inflexión en las reservas de petróleo y gas mundiales, y nos enfrentamos a una pendiente descendente que resultará en el agotamiento de los recursos naturales que permiten la generación de energía (Passive House Revolution Official Documentary, 2013).

Figura 3.



Reservas de petróleo y gas mundiales (1960 - 2030).

Fuente: Passive House Revolution Official Documentary, 2013.

Esto se debe a una explotación insostenible de estos materiales, que ha invertido la relación entre su oferta y demanda a nivel mundial. Dicha información nos alerta a recordar que las reservas de nuestro planeta no son ilimitadas. Y que al ritmo actual de consumo,

excluyendo reservas no aprobadas, solo quedan disponibles 47 años de petróleo y 52 años de gas natural (Bardahl, 2021). Estos datos nos orientan de cara a la urgencia de tomar acción en el ámbito energético. Y esto a su vez, nos devuelve a la importancia de solucionar la situación de ineficiencia existente en la edificación, ya que es la causante de prácticamente la mitad del consumo energético mundial (Nieto, 2016).

Por otra parte, existen importantes limitaciones para transformar significativamente nuestro sistema de construcción, lo que explica por qué actualmente no se está llevando a cabo una transición a gran escala. A la ineficiencia energética en casas y edificios se le podría atribuir un concepto utilizado en planificación social denominado “problema retorcido”, ya que engloba complejas interdependencias que desaniman a tomar acción (Rivera Limpieza Integral, 2022). Es decir, los esfuerzos por resolver un aspecto del asunto podrían desencadenar en nuevos dilemas, como por ejemplo normativas estructurales en la instalación de tecnologías renovables para una vivienda. Consecuentemente, esto hace que buscar soluciones que hagan más sostenibles los edificios sea poco motivador. No obstante, la magnitud de la problemática debe servirnos de aliciente para dar un cambio drástico a la manera de construir que tenemos. No podemos reducirnos a cambios puntuales, sino que debemos tomar las riendas en el asunto como sociedad y priorizar la construcción de inmuebles que produzcan más energía de la que consumen. Patrick Murphy, director general de investigación en el centro Community Solutions, compara este esfuerzo humano con el que moviliza a una sociedad en condiciones de guerra. *“Debemos entender y aceptar lo importante que es dar un giro urgente en los próximos veinticinco años a la manera de construir, ya que de ello depende nuestra supervivencia”* (Murphy, 2008). Esto es un periodo muy corto en relación con la construcción de edificios y plantas existentes, y aunque haya habido un impulso reciente hacia la transición energética y la adopción de políticas favorables a las energías renovables, hay un largo camino por recorrer.

Por último, un aspecto a tener en consideración es adaptar proyectos de edificación sostenible a cada área según su tipo de construcción. En otras palabras, no es lo mismo edificar desde cero que partir de un edificio antiguo. Para ello, a continuación se presentan varias propuestas a proyectos:

En primer lugar, para sustituir las urbanizaciones convencionales de viviendas, se podría diseñar un complejo residencial que se integre armoniosamente con su entorno natural (Toscana Arquitectos, 2023). Este utilizaría materiales de construcción ecológicos y energéticamente eficientes, como paneles solares, sistemas de recolección de agua de

lluvia y sistemas de climatización pasiva. Además, incorporaría espacios verdes, jardines comunitarios y sistemas de gestión de residuos para promover un estilo de vida sostenible entre los residentes (Toscana Arquitectos, 2023).

En el ámbito del mundo laboral, se podrían construir edificios con oficinas de bajo consumo energético. Para ello, se emplearía un diseño orientado al aprovechamiento de la luz natural, sistemas de iluminación LED, sensores de ocupación para controlar la iluminación y sistemas de gestión de energía inteligente. Por último, sería indispensable considerar el uso de energías renovables, como paneles solares en el techo o turbinas eólicas para generar electricidad (Ávila Delgado et al., 2019).

Otra idea es enfocarse en la rehabilitación energética de edificios antiguos y poco eficientes. En ellos, se podría mejorar la envolvente térmica con aislamiento adecuado, actualizar sistemas de calefacción y refrigeración a modelos más eficientes, y utilizar electrodomésticos de bajo consumo energético. Esto reduciría significativamente su consumo de energía y las consecuentes emisiones de carbono asociadas (Capdevila et al., 2012).

En conclusión, la construcción, calefacción, refrigeración e iluminación de viviendas e inmuebles, juegan un papel fundamental en la crisis climática (Aguilera, 2020). Consecuentemente, y existiendo métodos para optimizar el uso de la energía en la edificación, debemos transicionar hacia un modelo de arquitectura sostenible con urgencia. Para ello, debemos concienciarnos como sociedad de la importancia del asunto y poner en marcha proyectos a gran escala que marquen un antes y un después.

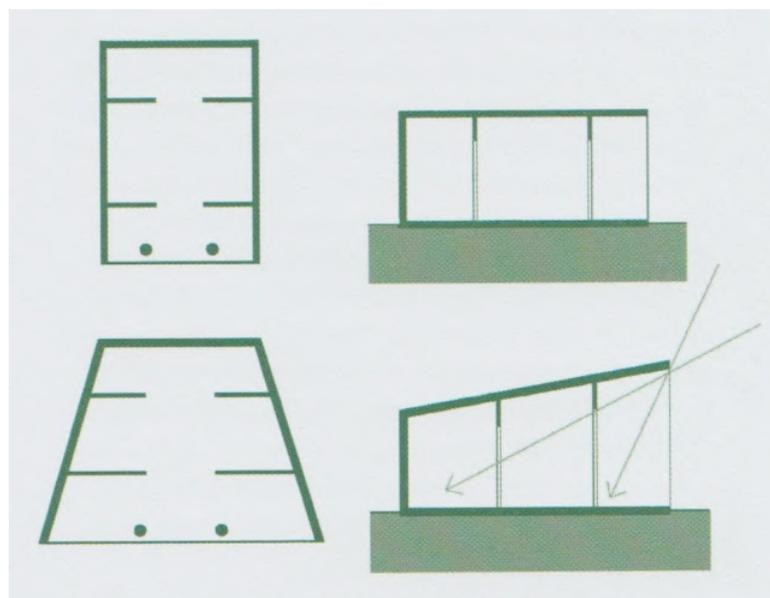
b. ¿Qué es una vivienda pasiva?

La arquitectura pasiva, definida como aquella que se adapta a las condiciones climáticas de su entorno, existe desde la Antigüedad. Ya hace 2.500 años en Grecia, Sócrates (469-399 a.C.) habló sobre la construcción eficiente en uno de sus volúmenes. En él, propuso transformar el megaron de la casa Griega (zona amplia de salón), dándole una forma trapezoidal para aprovechar mejor la energía solar en invierno (Wassouf y Micheel, 2015). Además, ideó voladizos para el porche con el fin de techarlo y proteger la vivienda del calor en verano (Wassouf y Micheel, 2015). Según la explicación de Sócrates sobre la arquitectura sostenible: *“En las casas orientadas al sur, el Sol penetra por el pórtico en*

invierno, mientras que en el verano el arco solar descrito se eleva sobre nuestras cabezas y por encima del tejado, de manera que hay sombra.” (Poppe, 2017).

En la figura 4, se presenta visualmente la propuesta de Sócrates sobre el megaron griego del siglo IV en comparación con el megaron Neolítico. A la izquierda del dibujo podemos apreciar la visión de la forma de cada planta desde encima, y a la derecha una perspectiva tomada desde el lado.

Figura 4.



Megaron griego del Neolítico vs. propuesta de Sócrates.

Fuente: Poppe, 2017.

Posteriormente, en Roma se adoptó la técnica solar griega, desarrollada y adaptada a los diferentes climas del imperio, debido a una escasez de combustible causada por una explotación desmedida de sus recursos naturales. *Marco Vitruvio (80-15 a.C.)* dejó escrito: *“Si deseamos que nuestros diseños de casas sean correctos debemos comenzar por tomar buena nota de los países y climas en que estas van a construirse. Ello es tal porque una parte de la tierra se encuentra directamente situada bajo el curso del sol, otra dista mucho de él, y otra se encuentra a medio camino entre las anteriores”* (Muñoz , 2022).

A lo largo del siglo XX, esta característica energética local disminuyó notablemente debido a la arquitectura del estilo internacional después de la Segunda Guerra Mundial.

Asimismo, los edificios modernos se han diseñado y construido según criterios económicos, estéticos y funcionales, y esta libertad arquitectónica se ha mantenido hasta el momento (Wassouf y Micheel, 2015). Subsecuentemente, las perspectivas de *Sócrates* y *Vitruvio* nos demuestran que la interrupción constante en el desarrollo de la arquitectura pasiva se debe más a una perspectiva económica del mundo y a los beneficios de la explotación de recursos energéticos, que a una perspectiva humanista de la arquitectura (Poppe, 2017).

Con la crisis del petróleo en la década de 1970, resurgió la preocupación por las consecuencias medioambientales en la edificación. A raíz de ello, a principios de los años noventa, en la ciudad alemana de Darmstadt se ideó el concepto de *Casa Pasiva*. Fueron los arquitectos *Wolfgang Feist* y *Bo Adamson* quienes buscaban desarrollar un primer diseño de vivienda energéticamente eficiente y que mantuviese un confort térmico sin necesidad de los sistemas convencionales de refrigeración y calefacción (Poppe, 2017). En su totalidad, la novedosa manera de construir consumiría de un ochenta a un noventa por ciento menos de energía que una estructura convencional (Wassouf y Micheel, 2015). Y partiendo de que la edificación contribuye a casi la mitad del calentamiento global, se predijo que este ideal de vivienda cambiaría el paradigma económico, medioambiental y social (Poppe, 2017).

En 1991 se llevó a cabo la construcción del primer edificio *Passivhaus* en Darmstadt, y a día de hoy sigue monitorizado y demostrando un funcionamiento energético óptimo. En los más de treinta años de experiencia, se han llevado a cabo más de 25.000 construcciones bajo este estándar. Además, múltiples estudios sociológicos muestran un alto grado de satisfacción por parte de los usuarios, debido sobre todo a su confort y ahorro económico en energía (Muñoz , 2022).

Aunque esta primera crisis de combustibles fósiles supuso un avance en el desarrollo de la arquitectura sostenible, no sirvió de punto de inflexión en nuestra manera de construir. Y a día de hoy, nuestro problema es mucho mayor que en los años setenta. Los científicos del clima nos advierten que si no rebajamos nuestras emisiones de Co2 en un ochenta por ciento para el año 2050, no conseguiremos estabilizar el clima del planeta y esto conllevará consecuencias atroces (Agraria Center for Regenerative Practice, 2013). Por ello, debemos retomar la iniciativa de los años noventa y poner en marcha proyectos que transformen nuestras ciudades hacia la eficiencia energética.

c. Certificación Passivhaus

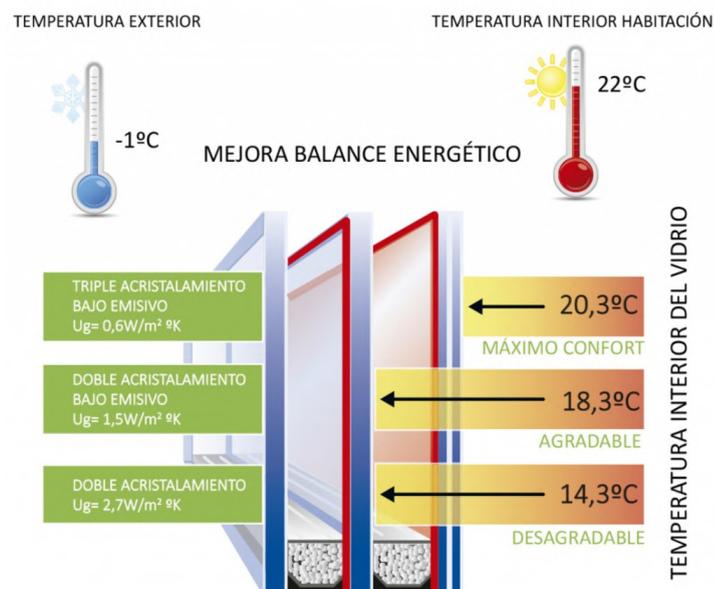
El certificado de *Passivhaus*, es un reconocimiento oficial otorgado por el *Instituto Passive House (PHI)* a viviendas que cumplen con una serie de estándares y criterios establecidos. Para ello, la vivienda en cuestión debe haber sido diseñada y construida según los principios de eficiencia energética y confort térmico más exigentes (Style, 2020).

Dado que el presente trabajo plantea un proyecto de viviendas pasivas unifamiliares prefabricadas, a continuación se detallarán los requisitos de esta certificación.

En primer lugar, una vivienda pasiva utiliza aislamiento de alta calidad en las paredes, suelos y techos para reducir la pérdida de calor en invierno y el ingreso de este en verano. Esto implica el uso de materiales aislantes efectivos que mantengan una temperatura cómoda y estable en el interior. Algunos ejemplos, que además son sostenibles con el medio ambiente, son: la lana de oveja, la celulosa, la fibra de madera, el corcho, el aerogel, y la lana de cáñamo. A la hora de elegir uno, es de vital importancia considerar las características específicas del proyecto y sus necesidades de aislamiento (Style, 2020).

En segundo lugar, para reducir las fugas de calor, se instalan ventanas de triple acristalamiento con un bajo coeficiente de transferencia térmica (U-Value). Los marcos de ventana de baja conductividad térmica también se utilizan para evitar la transferencia de calor (OnVentanas, 2023).

Figura 5.

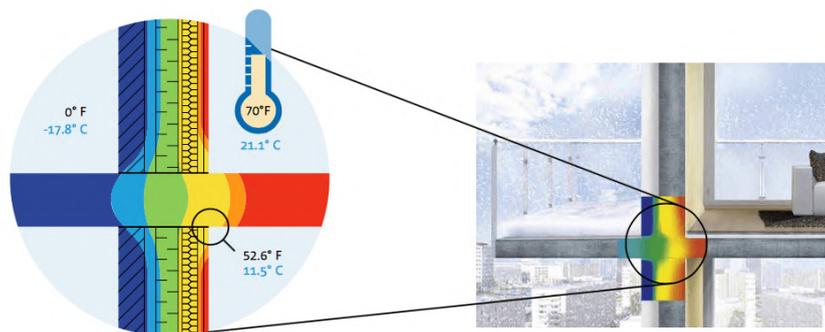


Representación visual de una ventana con triple acristalamiento.

Fuente: OnVentanas, 2023.

Otro requisito de los edificios pasivos es tener una alta hermeticidad al aire para evitar infiltraciones y fugas no deseadas. Esto se logra mediante la instalación de barreras de aire, el sellado adecuado de ventanas y puertas y la planificación cuidadosa durante la construcción. Así mismo, se debe prestar atención a minimizar los puentes térmicos. Estos son los lugares donde se interrumpe el aislamiento, como las juntas de construcción o los puntos de encuentro de diferentes materiales (Ezquerro, 2020). Pueden ser detectados a través de una técnica llamada termografía, que permite determinar la temperatura a través de una imagen (Atria Innovation, 2020). Asimismo, repararlos evita la pérdida de calor y ayuda a mantener una temperatura constante en toda la casa.

Figura 6.

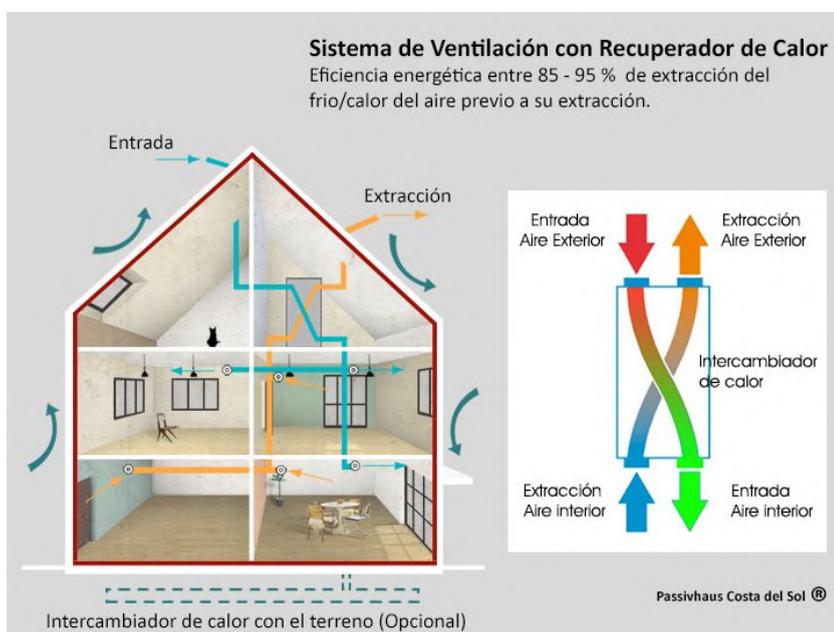


Representación visual del intercambio de temperaturas en un puente térmico.

Fuente: Ezquerro, 2020.

Además, es importante una ventilación controlada con recuperación de calor. Las viviendas de estas características deben contar con un sistema así para garantizar una buena calidad del aire interior (Arnabat, 2022). El objetivo es permitir el intercambio de aire fresco sin disminuir la eficiencia energética, recuperando el calor del aire saliente para precalentar el aire entrante (Arnabat, 2022).

Figura 7.



Representación visual de un sistema de ventilación controlada con recuperación del calor.

Fuente: Passivhaus Costa del Sol, 2023.

Otro factor fundamental es la orientación de cara al sol. El diseño de una vivienda pasiva depende de maximizar la luz solar y la ventilación natural. En consecuencia, se debe orientar el edificio para maximizar la captación de calor solar durante el invierno y minimizarla durante el verano (Style, 2020). De igual forma, se utilizan estratégicamente ubicados elementos de sombreado para controlar la ganancia de calor durante los meses más cálidos. Un ejemplo común de esto son los toldos o las pérgolas. Asimismo, en zonas cálidas se pintan los edificios de color blanco precisamente con este mismo objetivo de ahorrar en sistemas de refrigeración (Alonso Romero, J., 2016). El color blanco puede suponer un ahorro de hasta un veinte por ciento, ya que refleja el calor del sol en vez de mantenerlo (Alonso Romero, J., 2016).

El último de los estándares para garantizar la certificación de una *Passivhaus*, es utilizar sistemas de refrigeración y calefacción de alta eficiencia energética. Algunos ejemplos son las bombas de calor o calderas de condensación, que requieren una menor cantidad de energía para mantener temperaturas confortables (Style, 2020).

En suma, una casa pasiva se distingue por su excelente hermeticidad al aire, aislamiento, ventilación controlada, aprovechamiento de la luz solar y una planificación cuidadosa en términos de diseño y orientación. Estas características se combinan para crear una vivienda cómoda que consume menos energía y tiene un impacto ambiental menor.

d. Clasificación de viviendas pasivas

Hay varias categorías de clasificación de viviendas pasivas en el estándar oficial según su rendimiento y eficiencia energética. Estas, se basan en los estándares y criterios establecidos por diferentes organizaciones, como el *Instituto Passive House* (PHI) o el estándar *Passivhaus*. Algunas de las categorías más usadas son la casa pasiva: certificada, en proceso de certificación, de alta eficiencia, y de baja energía (Rocha-Tamayo, 2011).

Entrando más en detalle, una casa pasiva certificada es aquella que ha sido evaluada y aprobada por una entidad competente, por cumplir con todos los requisitos oficiales de la homologación. Es la categoría más exigente en cuanto a requisitos de eficiencia energética y confort térmico, y es la que se busca lograr en el modelo de vivienda desarrollado en este proyecto. En segundo lugar, una vivienda pasiva en proceso de certificación es aquella que aún no ha logrado la certificación formal pero busca conseguirla. Por otra parte, las construcciones pasivas de alta eficiencia o de baja energía abarcan aquellas edificaciones que no están certificadas ni buscan estarlo, pero sin embargo cumplen con la mayoría de estándares de eficiencia energética. Estos hogares se idean con el objetivo de optimizar al máximo su uso de energía y confort térmico, sin centrarse en la obtención de ningún reconocimiento. Estas categorías también pueden incluir construcciones convencionales ya construidas que implementan mejoras puntuales de cara a reducir su uso de energía (Rocha-Tamayo, 2011). Por ende, sirven de ejemplo a la ola de transformación que debería suceder en inmuebles existentes y que tanto urge.

Además, es relevante destacar que los estándares y categorías de construcción pasiva pueden tener pequeñas variaciones de un país a otro. Por este motivo, estas clasificaciones son tan solo una idea global de cómo se rige el ranking de viviendas altamente eficientes energéticamente (Rocha-Tamayo, 2011).

e. Otras tendencias en la construcción ecológica

En primer lugar, es curioso destacar que el uso de energías renovables no forma parte de los requisitos para la certificación de vivienda pasiva (Style, 2020). Esto es porque dicho título se centra exclusivamente en reducir la demanda de energía del edificio, buscando que esta sea tan baja que pueda ser satisfecha con fuentes no renovables de manera sostenible. Sin embargo, la implementación y el uso de las energías verdes juega un papel fundamental de cara a las emisiones de efecto invernadero de cualquier estructura arquitectónica hacia la atmósfera. Por ello, no está de más incluirla siempre que sea posible para reducir aún más la huella ambiental y lograr una autosuficiencia energética mayor. De este modo, muchas de las viviendas certificadas tienen instalados paneles solares fotovoltaicos para generar energía limpia, y algunos incluso tienen sistemas de energía eólica, geotérmica o aerotérmica para complementar sus necesidades de electricidad (Coral Díaz, 2011). A raíz de este intento por reducir el gasto energético, también se realizan cada vez con mayor frecuencia pequeños reemplazos como el de las bombillas incandescentes por bombillas LED de bajo consumo, o el de los electrodomésticos convencionales por otros más eficientes como los hornos y estufas de inducción. Más ejemplos de estos pequeños cambios son la instalación de cabezales de ducha y grifos de bajo flujo, o de un termostato programable para controlar el aire acondicionado y la calefacción de forma más eficiente (Coral Díaz, 2011).

Otra tendencia presente en la actualidad en construcciones sostenibles es incluir sistemas de captura y reutilización del agua para su posterior uso en inodoros, riegos y sistemas de lavado. También, se están utilizando mecanismos de tratamiento de aguas grises para reciclar el agua de lavadoras, lavabos y duchas. Esto es porque en la actualidad hay graves problemas ecosociales originados por la escasez de este recurso fundamental (Coral Díaz, 2011). Por ello, es de vital importancia cuidar su consumo en nuestros hogares con métodos como estos para evitar el aumento del estrés hídrico y la sobreexplotación de las fuentes disponibles de agua en la Tierra.

Adicionalmente, el uso de materiales sostenibles y de bajo impacto ambiental está cada vez más a la orden del día. Entre ellas, se encuentran las maderas certificadas provenientes de bosques gestionados sosteniblemente, el hormigón y acero reciclados, y también materiales renovables y naturales como el bambú. Entre las múltiples ventajas que tiene el uso de estos materiales, cabe destacar que suelen asegurar una mayor calidad, alargando su durabilidad y requiriendo menos mantenimiento. Un ejemplo de esto son los revestimientos de fachada de alta calidad, como la fibra de cemento o la cerámica, que

generalmente no necesitan ningún mantenimiento (Nay-Valero & Febres, 2019). Otro beneficio de usar materiales sostenibles es que prácticamente no contienen sustancias tóxicas ni contaminantes, como es el caso de las pinturas de bajo contenido de compuestos orgánicos volátiles (COV). Así pues, mejoran la calidad del aire interior y son preferibles para la salud de los ocupantes de la vivienda. Por último, los edificios que incorporan materiales sostenibles en su construcción han demostrado tener un valor de mercado mayor y ser más atractivos a compradores, traduciéndose en un retorno de inversión positivo y una ventaja competitiva en el mercado de inmuebles (Nay-Valero & Febres, 2019).

Finalmente, la construcción modular ha demostrado ser una excelente técnica de arquitectura sostenible desde que se empezó a desarrollar en el siglo XIX, hasta la actualidad. Este sistema implica la fabricación de los elementos de edificios en una fábrica y su posterior ensamblaje donde se desee edificar. Además de acelerar los plazos de construcción, también permite un mejor control de la calidad de los diferentes componentes, reduce el desperdicio de materiales y ofrece una mayor flexibilidad del diseño (Coral Díaz, 2011). Consecuentemente, no es de extrañar que la idea haya ganado tanta popularidad en las últimas décadas con el resurgimiento de tendencias de construcción ecológica. A día de hoy, las edificaciones modulares prefabricadas se emplean en un amplio rango de proyectos, desde edificios comerciales hasta instalaciones de atención médica y educativas.

Paralelamente, las viviendas prefabricadas sirven de excelente solución en situaciones de emergencia causadas por catástrofes mundiales (Tsybina, 2022). En línea con los objetivos de este proyecto, donde se busca solventar la gran necesidad de falta de viviendas para los refugiados desplazados en Ucrania, se utilizará un modelo de vivienda de previa fabricación como tal. Esto permitirá beneficiarse de sus ventajas mencionadas anteriormente, como la rapidez de la construcción (Tsybina, 2022).

En suma, las tendencias en el marco de la construcción sostenible están progresando de manera constante para promover la sostenibilidad y rebajar el impacto de los edificios en la naturaleza. La investigación e innovación continúan impulsando la búsqueda de iniciativas y tecnologías que minimicen el uso de recursos, promuevan un interior saludable para los habitantes del edificio y reduzcan las emisiones de carbono al medio ambiente.

f. La situación en Ucrania

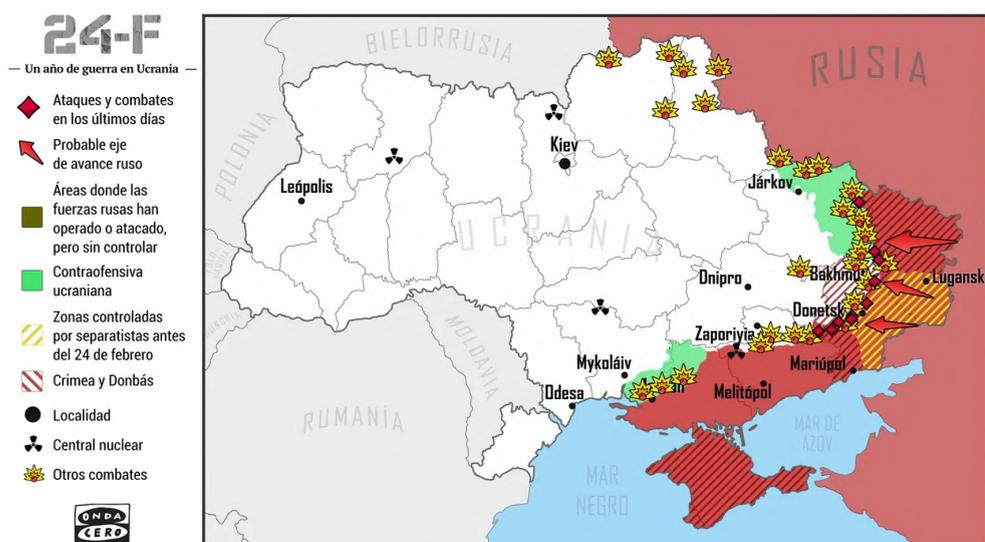
La guerra de Ucrania comenzó en 2014. La situación entre este país y Rusia, que ya venía tensa, se deterioró después de la anexión de Crimea por parte de Rusia en marzo de este año y la posterior declaración de independencia de la región de Donetsk en el este de Ucrania (Crespo, 2022). En consecuencia, en abril, grupos separatistas prorrusos llevaron a cabo acciones armadas que enfrentaron al gobierno ucraniano (Crespo, 2022). Esto causó la muerte de miles de personas, y el desplazamiento interno de otras muchas. Hasta el día de hoy, el conflicto entre Rusia y Ucrania sigue, y la situación es compleja por la cantidad de factores y narrativas que hay implicadas en él (Crespo, 2022).

A las cuatro de la madrugada del día 24 de febrero de 2022, Rusia invadió Ucrania, afirmando que se trataba de una operación militar que buscaba “proteger a los ciudadanos de los abusos del genocidio que son objeto por parte del Gobierno ucraniano desde hace años” (Crespo, 2022). Este suceso, iniciado por el presidente Ruso Vladimir Putin, fue fuertemente criticado por la comunidad internacional, quien le pedía que se detuviese en nombre de la “humanidad”. A partir de ese día, los bombardeos se masificaron por gran parte del país, incluida su capital (Crespo, 2022).

Actualmente, las Fuerzas Armadas rusas han destruido gran parte de la infraestructura ucraniana y dejado atrás 18.955 víctimas civiles en el país: 7.199 muertos y 11.756 heridos (Corporación de Radio y Televisión Española, 2023).

La masacre ha sido devastadora, y ha destruido la vida de miles de personas que han perdido familiares y amigos, además de sus viviendas y pertenencias. En el siguiente mapa podemos ver la zona afectada por los ataques en Ucrania, que sobre todo se centra en el Este del país (Corporación de Radio y Televisión Española, 2023).

Figura 8.



Representación gráfica de los ataques rusos en Ucrania.

Fuente: Vivero, 2023.

Es difícil determinar cuál de las ciudades ucranianas ha sido más afectada, ya que los impactos han variado según el momento y área concreta (Vivero, J., 2023). No obstante, sí que hay ciudades que han experimentado una intensidad mayor de daños significativos y combates debido a su importancia económica o ubicación estratégica (Vivero, 2023).

Donetsk, ubicada en el este de Ucrania, es una de las ciudades más afectadas por la guerra. En ella, se han llevado a cabo intensas batallas entre las fuerzas ucranianas y los separatistas prorrusos (Vivero, 2023). Se han reportado daños significativos en infraestructuras importantes, como edificios residenciales, hospitales, escuelas y sistemas de servicios públicos, durante el conflicto (Vivero, 2023). Mariupol, situada en el sureste del país, también ha sido atacada por los rusos y ha sufrido un alto nivel de violencia y destrucción (Vivero, 2023). Además de estas, otras muchas ciudades como Luhansk, Avdeevka y Debaltseve, han sido víctimas de la guerra. Asimismo, es clave considerar que la situación en Ucrania sigue en constante evolución, y por ello las zonas más afectadas seguirán variando (Vivero, 2023).

A continuación se muestran imágenes de cómo han quedado algunas de las viviendas en Ucrania tras los ataques de aviones rusos. Como podemos observar, estas están completamente destruidas y son inhabitables.

Figura 9.



Restos de apartamentos destruidos por aviones rusos en Ucrania.

Fuente: Lesik, 2022.

g. Ayudas internacionales a Ucrania

Debido a esta situación, varios países y organizaciones internacionales han proporcionado ayudas con el fin de brindar asistencia humanitaria, apoyo económico, reconstrucción de infraestructuras, mejora de la seguridad y diplomacia (Ovcharuk, 2022).

En lo que respecta a la ayuda humanitaria, se han brindado suministros y recursos esenciales para atender las necesidades de las personas afectadas por el conflicto. Esto incluye alimentos, medicamentos, refugio y apoyo psicosocial para los afectados o desplazados por la guerra (Ovcharuk, 2022).

En el ámbito económico, Ucrania ha recibido ayuda financiera de organizaciones internacionales como el Fondo Monetario Internacional para ayudar a estabilizar su economía y fomentar reformas económicas. Además, ciertos países han brindado préstamos y asistencia financiera bilateral para apoyar la recuperación y el crecimiento económico de la nación (Ovcharuk, 2022).

Otro enfoque importante de la ayuda internacional a Ucrania ha sido la reconstrucción de infraestructuras dañadas. Varios países y grupos han colaborado en proyectos de reconstrucción para restaurar viviendas, escuelas, hospitales y otras infraestructuras vitales que han sufrido las consecuencias del conflicto. Estos esfuerzos buscan apoyo a largo plazo para la recuperación y restaurar las condiciones de vida normales en las áreas afectadas (Ovcharuk, 2022).

También, algunos países han brindado ayuda a Ucrania en el ámbito de la seguridad, capacitando y suministrando a sus equipos para mejorar las capacidades de defensa y seguridad del país. Esto ha incluido factores como asistencia técnica, entrenamiento militar y suministro de equipos no letales, con el fin de ayudar a proteger la integridad territorial ucraniana y la seguridad de su población (Ovcharuk, 2022).

Finalmente, la comunidad internacional también ha estado involucrada en esfuerzos diplomáticos para mediar en el conflicto y fomentar soluciones pacíficas. Organizaciones como la OSCE (Organización para la Seguridad y la Cooperación Europea) han facilitado negociaciones entre los líderes rusos y ucranianos, para incitar hacia la búsqueda del deseado pacto de paz (Ovcharuk, 2022).

En suma, a raíz de la invasión rusa, Ucrania ha recibido ayuda internacional de muchas formas. Los países y organizaciones extranjeras se han volcado con el objetivo de asistir a Ucrania para enfrentar los desafíos originados por la guerra y avanzar hacia la paz y estabilidad mundial. Entre las ayudas mencionadas, y en relación al objetivo del presente trabajo, cabe destacar las ayudas financieras de organizaciones internacionales como el Fondo Monetario Internacional, y las ayudas dedicadas a la reconstrucción de infraestructuras dañadas. Ambas pueden ser aprovechadas para el desarrollo del modelo de vivienda pasiva prefabricada que se busca proponer. De hecho el uso de estas ayudas para el fin propuesto, sería una forma excelente de optimizarlas, ya que a largo plazo supondría un desarrollo de la nación hacia la eficiencia energética. Y además, brindaría un hogar a aquellos que han perdido el suyo de manera injusta y repentina, facilitándoles el ahorro en costes de electricidad, ayudándoles con su economía familiar y contribuyendo así al desarrollo de la economía ucraniana en su conjunto.

En línea con las ayudas de reconstrucción al país, el presidente ucraniano Zelenski ha declarado que *“no se puede esperar a que la guerra acabe para poner en pie lo que las tropas rusas, el segundo ejército mayor del mundo, está destrozando”*. A esto, añade que *“no se sabe cuando acabará el conflicto, y hay que comenzar la reconstrucción del país ya. No tras la victoria ni en años venideros, sino ahora”*. Por ello, el gobierno ucraniano solicita que los países europeos abandonen la ayuda conjunta y se comprometan mutuamente en la medida de sus posibilidades, utilizando fondos nacionales, pero también discutan para obtener préstamos comunes, lo cual ya se ha hecho de manera excepcional durante la pandemia de coronavirus (Rengel, C. 2022).

La tarea es monumental debido a que cientos de hospitales, negocios, aeropuertos, hogares, escuelas, y templos han sufrido daños (Rengel, 2022). Según las cifras controladas por la capital, las infraestructuras en Ucrania han sufrido pérdidas directas por valor de más de 100.000 millones de dólares. Más de 1.200 instituciones educativas, más de 200 hospitales, y también miles de kilómetros de gasoductos, carreteras, líneas férreas e infraestructuras de la red de agua y electricidad han sido destruidas o dañadas (Rengel, 2022). La ONU ha diagnosticado que la "devastación" de viviendas, escuelas, hospitales y otras infraestructuras críticas es tan grave que requerirá años para reconstruirlas (Rengel, 2022).

Figura 10.



Anna Shevchenko, ante su casa destrozada en Irpin, cerca de Kiev.

Fuente: Rengel, 2022.

Por todo ello, proyectos como el planteado en este trabajo no deben esperar a que la guerra termine para ser comenzados (Rengel, 2022). Especialmente, si se trata de una iniciativas como la de la instalación de viviendas que supone un bajo coste y tiempo de construcción, pero que a su vez ofrece hogar a tantas personas (Rengel, 2022).

4. Propuesta de vivienda pasiva prefabricada

a. Antecedentes

El presente proyecto de construcción consiste en el diseño de un complejo residencial de viviendas pasivas unifamiliares que será implantado en Ucrania para reconstruir el país. Se ha escogido la ciudad de Kiev como referencia para el desarrollo del modelo de vivienda, ya que es la capital y debe priorizarse su recuperación para impulsar la economía ucraniana. Esta, tiene 2,884 millones de habitantes (2017) aproximadamente, lo que la convierte en una de las más densas del país a nivel poblacional. Además, ha sido una de las más afectadas a nivel de infraestructura hasta el momento (Deutsche Welle, 2022).

Figura 11.



Mapa de Ucrania.

Fuente: Alamy Ltd.

Como podemos apreciar en el mapa, Kiev es una ciudad costera situada al norte del país. Además de dar al mar, es atravesada de norte a sur por los ríos Dniéper y Desná, por lo que tiene un alto índice de humedad. Para cumplir con las premisas fundamentales de la

propuesta: respetar la escala del entorno y buscar el máximo aprovechamiento de los recursos naturales del clima y con ello un menor consumo energético, comenzamos por estudiar las condiciones climáticas con el fin de adaptar la vivienda pasiva a ellas y garantizar un aprovechamiento óptimo de la energía.

Los veranos en Kiev son cómodos y parcialmente nublados, mientras que los inviernos son largos, helados, nevados, ventosos y en su mayoría con nubes (Weather Spark, 2023). La temperatura generalmente oscila entre $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $26\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante todo el año, y rara vez disminuye a menos de $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$ o aumenta a más de $31\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Weather Spark, 2023). Concretamente, la temperatura promedio diaria en la temporada templada es de $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, de mayo a septiembre (Weather Spark, 2023). Por otra parte, en la temporada fría la temperatura máxima promedio diaria es de $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$, de noviembre a marzo (Weather Spark, 2023). Estos datos se pueden ver presentados en la figura 13.

Figura 12.

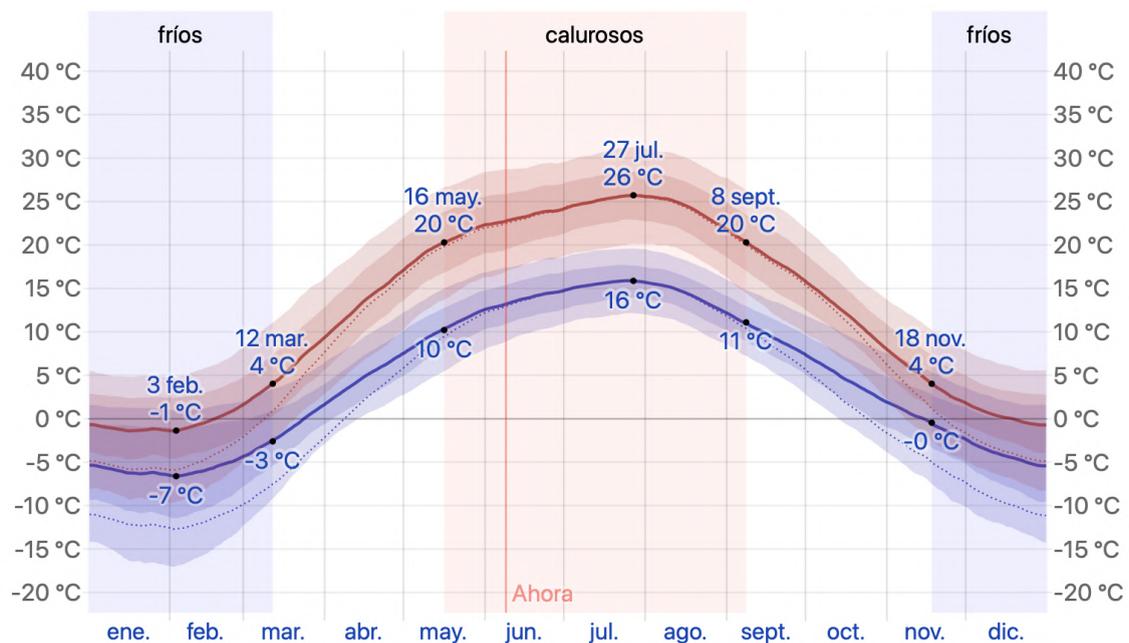


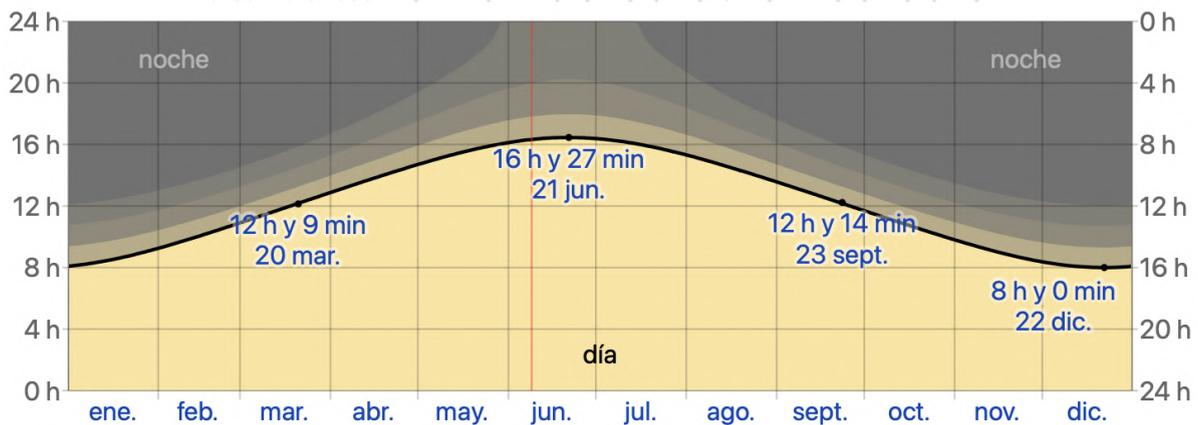
Diagrama de la Temperatura máxima y mínima promedio en Kiev.

Fuente: Weather Spark, 2023.

Otro factor climatológico que influye en gran medida a la construcción de esta *Passivhaus* son las horas de sol en la ciudad de Kiev. La duración del día varía mucho a lo largo del año. El 22 de diciembre es el día más corto de 2023, con 8 horas y 0 minutos de

luz natural; y el 21 de junio es el día más largo de 2023, con 16 horas y 27 minutos de luz natural (Weather Spark, 2023). Estos datos son importantes de cara a priorizar la orientación de la vivienda al sur para aprovechar la poca luz solar que hay. El siguiente gráfico (figura 14) muestra la información de manera visual:

Figura 13.



Horas de luz natural y crepúsculo en Kiev.

Fuente: Weather Spark, 2023.

La propuesta a desarrollar, es el resultado de la búsqueda de una vivienda autosuficiente. Su diseño combina conceptos de eficiencia energética del estándar *Passivhaus*, garantizando un inmueble con un consumo casi nulo de energía que requiere el uso de materiales y sistemas de construcción de bajo impacto ambiental. Considerando el factor de urgencia en la implantación de viviendas de cara a ofrecer un hogar a aquellos que han perdido el suyo y viven en situaciones precarias, el modelo de vivienda será lo más sencillo posible. Esto permitirá acelerar su construcción y también que un mayor número de ciudadanos tengan acceso a este tipo de producto. Aunque la idea sea aprovechar las ayudas internacionales para la construcción del proyecto, también se pretende que el gasto de mantenimiento de la vivienda sea el menor posible para que sus propietarios puedan mantenerla a largo plazo. Por ello, se reincide en que la propuesta de hogar incluya solamente lo justo y necesario para que una familia de tamaño medio pueda vivir cómodamente.

b. Propuesta de diseño de la vivienda

El proyecto consiste en la construcción de un complejo de diez viviendas de una sola planta, en línea y con orientación al sur para aprovechar la luz solar al máximo. Los inmuebles serán idénticos para maximizar la economía de escala de construir en masa.

El inmueble diseñado consta de 135 metros cuadrados que incluyen una habitación principal con baño en suite, dos habitaciones que comparten un baño, un salón-comedor con cocina integrada, y una zona de lavandería.

Las superficies exactas son presentadas en la siguiente tabla (m²):

Figura 14.

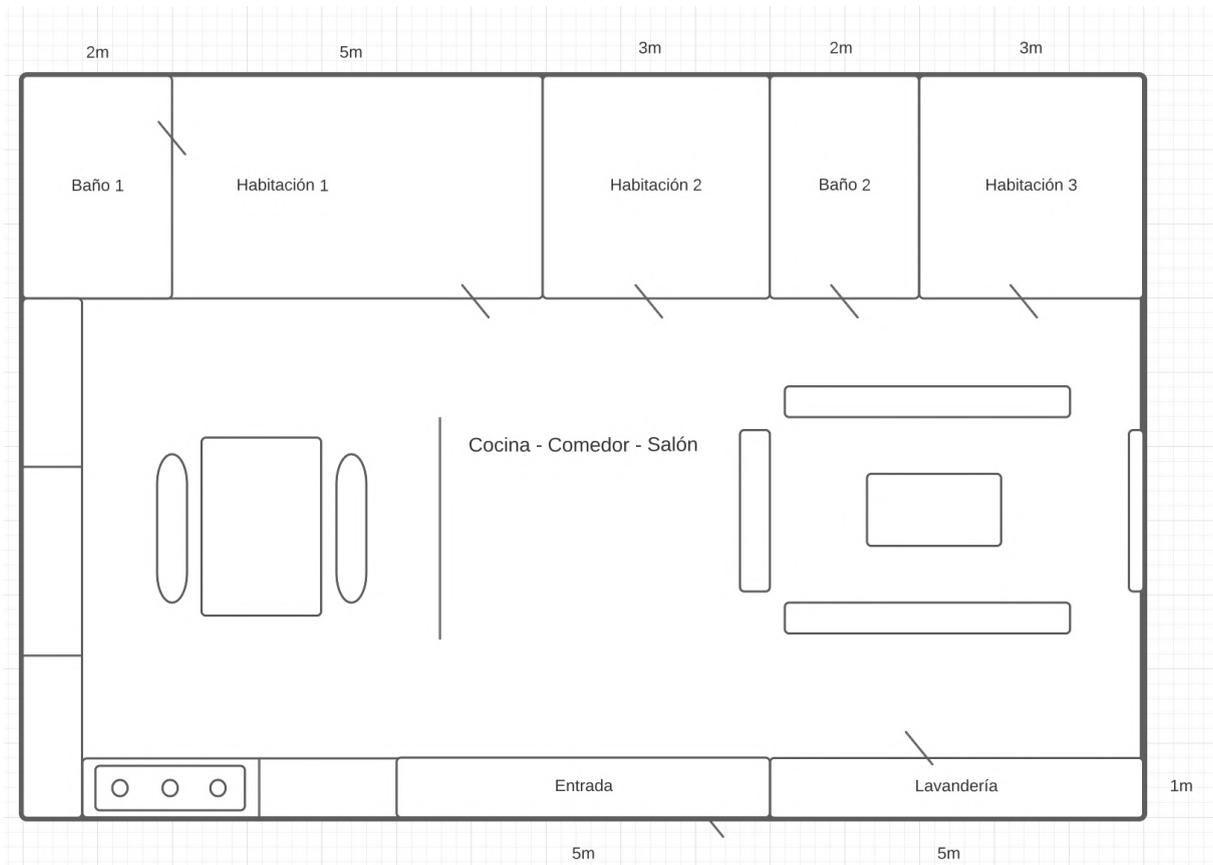
SUPERFICIE TOTAL: 135 m²
Habitación 1: 15 m ²
Baño 1: 6 m ²
Habitación 2: 9 m ²
Habitación 3: 9 m ²
Baño 2: 6 m ²
Cocina, salón y comedor: 80 m ²
Entrada: 5 m ²
Lavandería: 5 m ²

Tabla con las medidas de la vivienda propuesta.

Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente, se ha elaborado un plano que representa visualmente la distribución de la vivienda en cuestión:

Figura 15.



*Plano de la vivienda.
Fuente: Elaboración propia.*

c. Soluciones arquitectónicas de la propuesta

Orientar la vivienda al sur tiene como ventajas principales la reducción del coste energético y el aprovechamiento máximo de la luz natural (Arquitasa, 2021). Para ello, los arquitectos recomiendan orientar los espacios más importantes de la casa al sol. En este caso, se orientará la zona de entrada, ya que es donde más tiempo se suele pasar. Esto incluye el espacio conjunto de salón, cocina y comedor (Arquitasa, 2021). Así, simplemente abriendo las cortinas en las zonas delanteras durante el invierno, los propietarios podrán reducir los costos de calefacción.

Figura 16.



Plano del proyecto donde se ve la alineación de diez viviendas y su orientación al sol.

Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, el sol estará en un ángulo alto en el cielo durante el verano. Esto implica que, aunque las casas orientadas al sur como tal seguirán recibiendo una buena cantidad de luz, no recibirán el calor directo del sol, ahorrando en gastos de aire acondicionado en esta época del año, cuando se alcanzan temperaturas de 31°C (Cronos, 2017).

Figura 17.

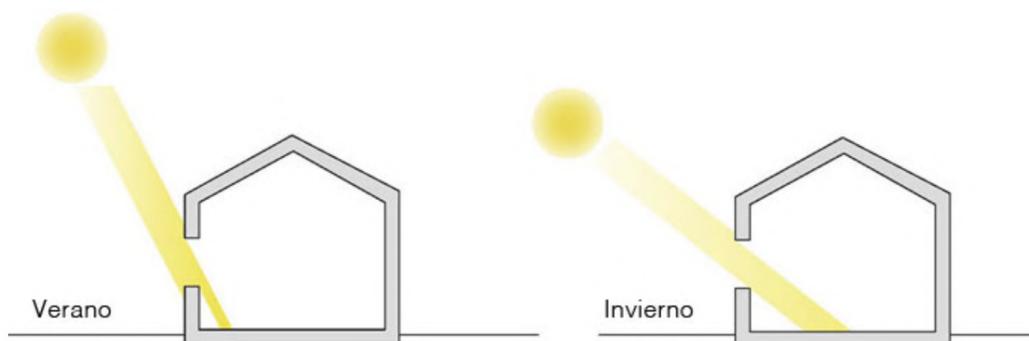


Imagen que compara el ángulo de la luz solar en verano y en invierno.

Fuente: Cronos, 2017.

La vivienda tendrá grandes ventanales que permitan la entrada de la luz solar al máximo. Estos tendrán un triple acristalamiento y marcos de baja conductividad térmica

para evitar el intercambio de temperaturas. Al tratarse de inmuebles adosados, solo podrán tener ventanas en dos de los lados porque las paredes laterales lindan con la casa vecina. Sin embargo, este factor se ha tenido en cuenta al hacer el plano, de forma que no impide que todas las estancias cuenten con una ventana. Tanto los cuartos, como los baños, la lavandería y el espacio común: sumando un total de siete ventanas. Además, situar los ventanales en posiciones completamente opuestas optimiza el paso natural del aire y ayuda a conseguir una ventilación eficiente tanto en verano como en invierno (Cronos, 2017). Por otra parte, las dos viviendas de los laterales de la fila podrán contar con una ventana extra a cada lado. La casa del lateral izquierdo tendrá una ventana más en la cocina y la del lateral derecho la tendrá al otro lado, en la zona de salón. Por ende, estas tendrán ocho ventanas en vez de siete (Cronos, 2017).

Siguiendo la antigua propuesta de Sócrates, la entrada de las viviendas tendrá una forma trapezoidal para aprovechar mejor la energía solar en invierno. Este pequeño habitáculo de cinco metros de largo y un metro de ancho, contará con un techo de madera con una ligera inclinación y una puerta inicial de vidrio de triple acristalamiento. Esto protegerá la casa del sol en verano y lo dejará pasar en invierno, haciendo una especie de invernadero. Después de la puerta acristalada, la vivienda contará con una segunda puerta de madera para impedir que se vea el interior desde fuera. Además, la entrada tendrá un pavimento de piedra, con inercia térmica, que almacena el calor durante el día y lo expulsa durante la noche (Arquitasa, 2021). A continuación se presenta una imagen (figura 19) que representa la idea general de esta entrada:

Figura 18.



Representación visual de la zona de entrada de las viviendas.

Fuente: Wassouf, M. 2013.

Para la elección de materiales, se ha optado por aquellos que fueran lo más sostenibles posible para reducir la huella de carbono y beneficiarse del resto de ventajas discutidas en el marco teórico del presente trabajo (Wassouf, M. 2013). Además, se ha priorizado la calidad y durabilidad, de cara a cumplir con la certificación de vivienda pasiva (Wassouf, M. 2013).

Para resolver la cimentación del suelo, se ha optado por una losa de hormigón armado de 25 cm de espesor, aislada en su base y con 10 cm de vidrio celular perimetralmente. Sobre esta losa, se colocará un aislamiento de corcho rígido de 5 cm, para reducir aún más la pérdida de calor en los fríos inviernos de Kiev. Como pavimento interior, exceptuando la zona de entrada, se utilizará el bambú. Los suelos de este material son muy beneficiosos por su alta resistencia y durabilidad (Wassouf, M. 2013). También, es un material muy sostenible porque crece muy rápidamente y se puede cosechar sin dañar el medio ambiente (Wassouf, M. 2013). Además, su agradable apariencia natural mejora la apariencia de cualquier espacio. Por último, el bambú es poco susceptible a la humedad, sirviendo como el aliado perfecto en baños y cocinas, y al ser un material natural no emite sustancias químicas y permite una calidad óptima del aire interior (Wassouf, M. 2013).

La estructura y los cerramientos de la vivienda se construirán con un sistema de paneles de madera maciza contralaminada, que funcionan a su vez como muros de carga. La madera como material tiene la ventaja de ser un recurso natural que pesa poco y es fácil de trabajar, además de ser es renovable y sostenible para el medio ambiente (Wassouf, M. 2013). También, proporciona un excelente aislante acústico y térmico, que permite conseguir los estándares necesarios para la certificación de casa pasiva (Wassouf, M. 2013). Por último, este material es fácil de mantener, resistente y duradero, permitiendo a los habitantes del hogar un ahorro a largo plazo (Wassouf, M. 2013).

A continuación se muestra una imagen de los paneles de madera maciza contralaminada de los que se habla:

Figura 19.



Paneles de madera contralaminados.

Fuente: Maderas Casais, 2023.

Encima de esta capa de madera, se colocará una lámina de estanqueidad al aire de polipropileno, que ayudará a evitar infiltraciones de aire a largo plazo y a regular la salida de vapor de agua, permitiendo que transpire. Sobre ella se colocará una capa continua de paneles de corcho de unos 8 cm. Como última capa de la envolvente térmica de la fachada, se coloca una segunda capa de esta lámina de polipropileno (Wassouf, M. 2013).

Las carpinterías y ventanas también serán de madera, de pino en este caso, ya que es más económica y versátil para el propósito (Cronos, 2017).

En cuanto al tejado, se utilizará un sistema similar al de la fachada, con acabado de teja plana. Este tipo de tejas, además de aportar un aspecto estético elegante, son muy duraderas y pueden soportar condiciones climáticas difíciles como las nevadas ucranianas. Además, ofrecen un buen aislamiento térmico, manteniendo las viviendas frescas en verano y cálidas en las épocas de frío. Por último, las tejas planas también son resistentes al fuego y requieren poco mantenimiento a lo largo del tiempo (Cronos, 2017).

Debajo de las tejas, el techo estará aislado con una capa gruesa de corcho granulado y un panel rígido de fibra de madera. Y entre esto y las tejas, se colocará una capa de impermeabilización y un sistema de drenaje (Cronos, 2017).

Para conseguir una alta hermeticidad de la vivienda al aire y evitar así posibles infiltraciones y fugas no deseadas, se instalarán barreras de aire, se sellarán adecuadamente las ventanas y puertas y se realizará una planificación cuidadosa durante la construcción. Así mismo, se prestará especial atención a minimizar los puentes térmicos en caso de que se detecte alguno al realizar un análisis de termografía (Wassouf, M. 2013).

También se instalará un sistema de ventilación controlada con recuperación de calor para garantizar una buena calidad del aire interior. El recuperador de calor irá en el cuarto de la lavandería y tendrá como objetivo permitir el intercambio de aire fresco sin disminuir la eficiencia energética, recuperando el calor del aire saliente para precalentar el aire entrante (Wassouf, M. 2013). A continuación se muestra una imagen del dispositivo:

Figura 20.



Sistema de recuperación de calor.

Fuente: Wassouf, M. 2013.

En último instante, para cumplir con todos los estándares del certificado *Passivhaus*, se utilizarán sistemas de refrigeración y calefacción de alta eficiencia energética. Entre ellos, una bomba de calor y una caldera de condensación, que ambas requieren una menor cantidad de energía para mantener temperaturas confortables (Arquitasas, 2021).

En suma, para el modelo de vivienda se prioriza en todo caso cumplir con los criterios de *Passivhaus* establecidos por el *Instituto Passive House*. Para ello, se ha buscado que el aislamiento sea óptimo, que no haya fugas de calor, momento el uso de materiales sostenibles, que reduzcan la huella de carbono de la vivienda.

6. Evaluación del Proyecto

A continuación se analizará y discutirá la propuesta de negocio de manera crítica, considerando los impactos medioambientales, sociales y económicos.

En primer lugar, el desarrollo de este proyecto tendrá múltiples consecuencias positivas, tanto sobre la transición que tanto urge hacia una arquitectura más sostenible, como sobre la vida de los ciudadanos ucranianos que han perdido su hogar tras la guerra.

Primero y más importante, estas viviendas son muy eficientes en términos energéticos, lo que significa que necesitan menos energía para mantener las temperaturas dentro agradables. Esto significa menos consumo de recursos naturales y menos facturas de energía para los propietarios.

En segundo lugar, estas viviendas pasivas ayudarán a disminuir la huella de carbono, ya que al utilizar menos energía, reducen sus emisiones de gases de efecto invernadero. Esto contribuye a combatir el calentamiento global y preservar el medio ambiente.

El aumento del confort y el bienestar de los ocupantes de estas viviendas es otra consecuencia positiva. Gracias al diseño y aislamiento adecuado, habrá una temperatura y humedad equilibradas, y una buena calidad del aire que crearán un ambiente interior saludable. Esto puede ayudar con problemas como reducir las alergias y las enfermedades respiratorias.

Además, debido a que se utilizan materiales de alta calidad y se siguen estándares de construcción rigurosos, las viviendas pasivas como esta suelen ser más duraderas y resistentes. Esto significa que los propietarios pueden disfrutar de una vivienda más resistente y duradera que requiere menos mantenimiento y reparaciones.

Adicionalmente, las viviendas pasivas fomentan la creatividad y el progreso en el sector de la construcción. El desarrollo de nuevas tecnologías y soluciones arquitectónicas está impulsado por el enfoque en la eficiencia energética y el diseño sostenible, lo que fomenta la creación de empleo y la economía verde.

Por último, en cuanto a los beneficios de este proyecto para la nación ucraniana, cabe destacar que contribuye a una rápida reconstrucción del país. Es una manera perfecta para sacar provecho a la destrucción vigente, rediseñando el espacio que tiene sin edificar con *passivhouses* que a largo plazo optimicen los gastos de los ucranianos con la crisis económica que se avecina. Además, esto impulsará al país hacia la eficiencia energética y el uso de materiales sostenibles de construcción: factores necesarios considerando el

calentamiento global existente. El proyecto da la oportunidad a la nación de convertirse en pionera del sector, atrayendo el turismo y también nuevos empleos con el fin de combatir su crisis financiera postguerra. Además, también puede convertir al país en un referente en edificios eco-eficientes a nivel mundial del que podrían aprender el resto de cara a la ola de transformación en inmuebles que tanto urge hoy en día para frenar, entre otros, el gasto de energía y consecuente cambio climático.

7. Limitaciones

Además de tener múltiples ventajas, es importante considerar los posibles inconvenientes a la hora de desarrollar un proyecto de edificación pasiva como es el caso de este trabajo.

La primera y más evidente limitación al desarrollo de este modelo son los altos costes iniciales en comparación con los métodos de construcción convencionales. Esto se debe al uso de tecnologías y materiales de alta calidad, como ventanas eficientes o sistemas de ventilación mecánica controlada. No obstante, es evidente que este extra en costes supone un ahorro mucho mayor a largo plazo gracias a un menor uso de energía total.

La segunda particularidad es que para lograr los estándares de *Passivhaus* se requiere un diseño y construcción especializados. Para ello, se debe planificar meticulosamente, prestando especial atención a la hermeticidad del edificio y la selección de materiales. Esto puede requerir la gestión de contratar profesionales con experiencia, que a su vez aumenta costos en ciertas áreas.

Otra desventaja es el mantenimiento y monitoreo periódico que requieren los sistemas inteligentes de ventilación mecánica controlada, para asegurar una calidad del aire interior óptima.

Por último, ciertos individuos pueden considerar que las viviendas pasivas tienen restricciones de diseño a cambio de cumplir todos los estándares impuestos para lograr la eficiencia energética deseada. Por ejemplo, la forma u orientación del hogar pueden estar limitados de cara a evitar el sobrecalentamiento del sol y optimizar su captación en las épocas frías. Sin embargo, existen infinitas maneras creativas de llevar a cabo diseños

pasivos sin condicionar la estética del hogar, como las que podemos apreciar en las siguientes imágenes:

Figura 21.



Ejemplos de diseño exterior en viviendas pasivas.

Fuente: Vivienda Saludable, 2023.

En conclusión, las casas pasivas tienen ciertas limitaciones pero estas no deberían suponer un impedimento para su desarrollo. Todos los inconvenientes analizados pueden ser mitigados a través de una planificación y ejecución adecuadas, y las ventajas a largo plazo suelen superar toda consideración negativa inicial.

8. Conclusión

El presente trabajo propone un modelo de vivienda pasiva prefabricada para implantar en Ucrania tras la guerra, a fin de reconstruir el país y contribuir a la eficiencia ecosocial. Por ende, cumple dos objetivos fundamentales que resuelven problemáticas esenciales en el mundo a día de hoy.

Por una parte, contribuye a impulsar los métodos de construcción ecológica y sostenible que tanto urgen. Ahora más que nunca, es momento de enfocar iniciativas hacia la optimización y el desarrollo, y Europa debería aprovechar su poder e influencia para liderar planes como este, aprovechando el ataque Ruso como motivación para luchar por un futuro mejor y más seguro para todos.

La construcción, calefacción, refrigeración e iluminación de viviendas e inmuebles, juegan un papel fundamental en la crisis climática, consumiendo casi la mitad de la energía a nivel mundial. Consecuentemente, es urgente que como sociedad entendamos y aceptemos lo importante que es dar un giro urgente a nuestra manera de construir en los próximos veinticinco años, ya que de ello depende nuestra supervivencia. Existiendo métodos para optimizar el uso de la energía en la edificación, debemos transicionar hacia un modelo de arquitectura sostenible. Para ello, debemos concienciarnos como sociedad de la importancia del asunto y poner en marcha iniciativas a gran escala que marquen un antes y un después. A raíz de esto, surge el proyecto de viviendas presentado, que es una manera óptima de tomar acción e impulsar la arquitectura hacia la eficiencia energética a largo plazo.

Por otra parte, implementar este modelo de viviendas serviría de gran ayuda al país ucraniano de cara a su reconstrucción. Se plantea el uso de las ayudas internacionales, cedidas al país a raíz de los ataques rusos, para el desarrollo del modelo de vivienda propuesto. Esto sería una forma excelente de optimizarlas, ya que a largo plazo supondría un desarrollo de la nación hacia la eficiencia energética. Además, brindaría un hogar a aquellos que han perdido el suyo de manera injusta y repentina, facilitándoles el ahorro en costes de electricidad, ayudándoles con su economía familiar y contribuyendo así al desarrollo de la economía ucraniana en su conjunto.

El modelo propuesto presenta una vivienda prefabricada que cumple con todas las características del certificado *Passivhaus*. Estos tipos de casas se distinguen por su excelente hermeticidad al aire, aislamiento, ventilación controlada, aprovechamiento de la luz solar y una planificación cuidadosa en términos de diseño y orientación. Dichas características se combinan para crear una casa cómoda y que consume hasta un 90% menos de energía que una vivienda habitual. Consecuentemente, tiene un impacto ambiental menor y también supone un ahorro considerable a largo plazo para los propietarios.

Concretamente, el diseño presenta una construcción en fila de diez viviendas unifamiliares capaces de albergar a una familia de tamaño estándar. Para ello, cuenta con tres habitaciones, dos baños, un cuarto para la lavandería y una zona común de salón, cocina y comedor. Además de cumplir con todos los requisitos para ser aprobado por una de las instituciones oficiales como casa pasiva, también es de carácter prefabricado. Es decir, las piezas del inmueble serán producidas en una fábrica y ensambladas en la

localización final. Esto se ha decidido con el fin de ahorrar tiempo y dinero en la construcción. Además, si el proyecto resulta satisfactorio, se podrán producir en masa estas viviendas estándar con el fin de reconstruir la ciudad lo antes posible.

Por último, se ha escogido la ciudad de Kiev como referencia para implementar las viviendas, ya que es la capital y debe priorizarse su recuperación para impulsar la economía ucraniana. Se han analizado sus condiciones meteorológicas a lo largo del año y se han incluido en el desarrollo del modelo propuesto. Esto es una característica esencial en el desarrollo de una vivienda prefabricada, ya que adaptarse al clima ayuda a reducir significativamente los gastos de aire acondicionado y calefacción del inmueble.

En suma, proyectos como el planteado en este trabajo no deben esperar a que la guerra termine para ser comenzados. Especialmente, si se trata de una iniciativas como la de la instalación de viviendas que supone un bajo coste y tiempo de construcción, pero que a su vez ofrece hogar a tantas personas. No se sabe cuando acabará realmente el conflicto pero lo que sí sabemos es que hay miles de personas viviendo en lugares precarios o centros de acogida, y que merecen un hogar.

9. Futuras líneas de investigación

A raíz de la investigación, sería interesante plantear este mismo proyecto pero variando el tamaño del hogar con el fin de albergar familias más grandes o más pequeñas. También, se podrían implementar ideas similares de viviendas pasivas prefabricadas en la edificación de otros lugares afectados por situaciones similares. Un ejemplo pertinente es la reconstrucción de la isla de La Palma (Canarias, España) tras la erupción volcánica o también la reconstrucción de Siria y Turquía tras el terremoto que tuvo lugar en febrero de este mismo año (2023).

10. Bibliografía

1. Aguilera Benito, P. (2020) *Archivo Digital UPM - Optimización del comportamiento energético y lumínico en edificios singulares de vidrio a través de modelos a escala*. Available at: https://oa.upm.es/65436/1/PATRICIA_AGUILERA_BENITO.pdf
2. Agraria Center for Regenerative Practice. *Passive House Revolution Official Documentary*. (2013). https://www.youtube.com/watch?v=N64x2qP6I_Y
3. Alonso Romero, J. (2016). 5 sistemas pasivos para proteger tu vivienda de la radiación solar. *Arrevol*. <https://www.arrevol.com/blog/5-sistemas-pasivos-para-proteger-tu-vivienda-de-la-radiacion-solar>
4. Arquitasa. (2021). ¿Cuál es la mejor orientación para una casa? <https://arquitasa.com/orientacion-vivienda-elegir/>
5. Arnabat, I. (2022). ¿Qué es y cómo funciona la Ventilación mecánica controlada? - Infografía. *Calor y Frío*. <https://www.caloryfrio.com/aire-acondicionado/ventilacion/ventilacion-mecanica-controlada-infografia.html>
6. Atria Innovation. (2020). Termografía, qué es y para qué se usa. <https://www.atriainnovation.com/termografia-que-es-para-que-se-usa/>
7. Ávila Delgado, J., Robador González, M., Barrera-Vera, J., & Marrero, M. (2019). La influencia del vidrio en el consumo de calefacción, refrigeración e iluminación en rehabilitación de edificios de oficinas bajo clima mediterráneo peninsular (1971-1980). *Revista hábitat sustentable*. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0719-07002019000100068&script=sci_arttext#B31
8. Bardahl. (2021). ¿Cuánto Petróleo y gas queda en el mundo?. Bardahl. <https://www.bardahl.com.mx/cuanto-petroleo-y-gas-queda-en-el-mundo/#:~:text=En%20el%20mundo%20se%20estiman,52%20años%20remanentes%20para%20explotación>
9. Barrero F., A. (2021). La UE ya produce más electricidad con renovables que con combustibles fósiles.
10. Capdevila, I., Linares, E., & Folch, R. (2012). Eficiencia energética en la rehabilitación de edificios. *Energía y medioambiente*. https://www.erf.cat/sites/default/files/adjunts/gas_natural01.pdf
11. Coral Díaz, A. M. (2011). El nativo ecológico y las nuevas tendencias de explotación de recursos naturales. *Revista Latinoamericana* No 1-106-117.

12. Crespo, M., (2022). Por qué ha estallado la guerra entre Rusia y Ucrania: cronología del conflicto. El Mundo. <https://www.elmundo.es/internacional/2022/02/24/6217396fe4d4d8317a8b45a2.html>
13. Cronos. (2017). VENTILACIÓN CRUZADA Y ORIENTACIÓN DE LAS VIVIENDAS. <https://www.cronoslive.com/blog/ventilacion-cruzada-orientacion-sur-fachadas-soleamiento-luz-corriente-comfort-luz-termico-vivienda/>
14. Corporación de Radio y Televisión Española, RTVE. (2023). Guerra en Ucrania ¿Cuántas personas han muerto en la guerra de Ucrania? <https://www.rtve.es/noticias/20230224/muertos-victimas-civiles-guerra-ucrania-rusia/2327363.shtml>
15. Deutsche Welle. 2022. Nuevos ataques rusos contra barrios residenciales de Kiev. <https://www.dw.com/es/nuevos-ataques-rusos-contra-barrios-residenciales-de-kiev/a-61140313>
16. Estrada Villaseñor, C. et al. (2018) ¿Acoger sin integrar? El sistema de acogida y las condiciones de integración de personas solicitantes y beneficiarse de protección internacional en España. <http://hdl.handle.net/11531/25887>
17. Iglesias, M.O. and Steinberg, F. (2022) La guerra de Ucrania en el tablero económico. <https://media.realinstitutoelcano.org/wp-content/uploads/2022/03/comentario-otero-steinberg-la-guerra-de-ucrania-en-el-tablero-economico.pdf>
18. International Energy Agency. (2021). Net zero by 2050 – analysis. <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>
19. Lesik, A. 2022. Guerra de Rusia contra Ucrania. Restos de apartamentos destruidos por casas de guerra. Edificio residencial dañado por aviones enemigos en ucraniano. Consecuencias. Alamy. <https://www.alamy.es/guerra-de-rusia-contra-ucrania-restos-de-apartamentos-destruidos-por-casas-de-guerra-edificio-residencial-danado-por-aviones-enemigos-en-ucraniano-consecuenc-image468540877.html?imageid=DB966F90-B98F-449F-9AC9-5157DD706A25&p=1600974&pn=1&searchId=134b222520f8b8789187fb4cee687c0e&searchtype=0>
20. Maderas Casais. (2023). Madera Estructural > Paneles Contralaminados. <https://www.maderascasais.com/madera-estructural/paneles-contralaminados>
21. Nay-Valero, M., & Febres, M. E. (2019). Educación Ambiental y Educación para la Sostenibilidad: historia, fundamentos y tendencias. Colombia; Universidad Autónoma del Caribe.

22. Muñoz , M.C. (2022). Passivhaus en España: Aplicación y Comparación con el vigente CTE. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. https://oa.upm.es/70684/1/TFG_Junio22_CACERES_MU%C3%91OZ_MARIO.pdf
23. Murphy, P. (2008). Plan C - Community survival strategies for peak oil and climate change. New Society Publishers.
24. Nieto, M. G. (2016). La biodiversidad cae por debajo de los niveles de seguridad a nivel mundial. El País.
25. OnVentanas. (2023). El vidrio en las ventanas. <https://www.onventanas.com/el-vidrio/>
26. Ovcharuk, I. (2022). Reconstrucción integral y social: un acercamiento desde la perspectiva de la participación ciudadana. Aplicación a la reconstrucción de ciudades pequeñas y medianas de Ucrania en la posguerra. Universitat Politècnica de València.
27. Passivhaus Costa del Sol. (2023). Principio 5: La Ventilación con Recuperador de Calor y Passivhaus.
28. Poppe, K. (2017). La arquitectura pasiva. Interior Design. Nuevas Tecnologías. <https://karlapoppeinteriores.wordpress.com/2017/02/22/la-arquitectura-pasiva/>
29. Rengel, C. (2022). Reconstruir Ucrania, la "tarea de todos" que pondrá a prueba la solidaridad mundial. Huffpost. https://www.huffingtonpost.es/entry/reconstruir-ucrania-la-tarea-de-todos-que-pondra-a-prueba-la-solidaridad-mundial_es_62ff7685e4b0638948327b66.html
30. Rivera Limpieza Integral. (2022). ¿Qué son y cómo nos enfrentamos a los wicked problems?. <https://www.limpiezasrivera.com/2022/9/12/wicked-problems>
31. Rocha-Tamayo, E. (2011). Construcciones sostenibles: materiales, certificaciones y LCA. Facultad de Arquitectura y Artes Universidad Piloto de Colombia, Bogotá.
32. Statista Research Department. (2022). Ranking mundial de los principales países emisores de gases de efecto invernadero en 2020.
33. Style, O. (2020) *¿Qué es el certificado passivhaus? Claves de las Casas passivhaus, Todo sobre calefacción, aire acondicionado, ahorro y eficiencia energética, energías renovables y sanitarios.* <https://www.caloryfrio.com/construccion-sostenible/casas-pasivas-y-edificios-energia-casi-nulo/que-es-el-certificado-passivhaus-casas-passivhaus.html>
34. Toscana Arquitectos. (2023). Arquitectura y paisaje: La Integración Armónica entre el hombre y la naturaleza. Toscana Arquitectos. <https://toscanaarquitectos.com/arquitectura-y-paisaje-la-integracion-armonica-entre-el-hombre-y-la-naturaleza/>

35. Tsybina, O. (2022) Emergencia: Factores Para Construcción de la Vivienda de Transición en Ucrania, UPCommons. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/373704>
36. Vivero, J. (2023). Un Año De La Guerra. ¿En qué punto está la guerra? Mapa de la lucha en Ucrania. Onda Cero. https://www.ondacero.es/noticias/mundo/que-punto-esta-guerra-mapa-lucha-ucrania_2023022463f74a63af4bff000166a295.html
37. Vivienda Saludable. (2023). Las casas pasivas: confort y ahorro energético. <https://www.viviendasaludable.es/sostenibilidad-medio-ambiente/vida-arquitectura-sostenible/casas-pasivas-confort-ahorro-energetico>
38. Wallace-Wells, D. (2019). El Planeta Inhóspito. https://books.google.es/books?hl=en&lr=&id=B8WrDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT5&dq=polos%2Bderretidos%2Bprovocaran%2Binundaciones%2Ben%2Bzonas%2Bde%2Bcosta%2By%2Bsu%2Bposterior%2Bdesaparicion&ots=U5ZZyW_IzP&sig=P4WOfSaqMzQfiXNfl3QNCgbi7M&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
39. Wassouf, M. (2013). Memoria casa pasiva EntreEncinas en Asturias. Construction21. <https://www.construction21.org/espana/community/pg/file/805/read/3870/memoria-casa-pasiva-entreencinas-en-asturias>
40. Wassouf, M. (2015). De la casa pasiva al estándar PASSIVHAUS la arquitectura pasiva en climas cálidos. 1a. ed. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, SL.
41. Weather Spark. (2023). El clima y el tiempo promedio en todo el año en Kiev. <https://es.weatherspark.com/y/96633/Clima-promedio-en-Kiev-Ucrania-durante-todo-el-a%C3%B1o#Sections-Humidity>
42. World Energy Trade. (2021). Por primera vez en la UE las energías renovables superan a los combustibles fósiles.