



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DEL PARQUE RESIDENCIAL DE ZARAGOZA.
ESTRATEGIA DE FACHADA CON TERRAZAS INVERNADERO

ENERGY REHABILITATION OF ZARAGOZA RESIDENTIAL STOCK
FACADE STRATEGY WITH GREENHOUSE TERRACES

Autor/es

Matías Fabián Nepi

Director/es

Marta Monzón Chavarrías

Titulación del autor

Grado en Estudios en Arquitectura

Escuela de Ingeniería y Arquitectura

2022

REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DEL PARQUE RESIDENCIAL DE ZARAGOZA ESTRATEGIA DE FACHADA CON TERRAZAS INVERNADERO

Energy rehabilitation of Zaragoza residential stock
Facade strategy with greenhouse terraces

Maías Fabian Nepi
dirigido por Marta Monzón Chavarrías



REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DEL PARQUE RESIDENCIAL DE ZARAGOZA ESTRATEGIA DE FACHADA CON TERRAZAS INVERNADERO

Energy rehabilitation of Zaragoza residential stock
Facade strategy with greenhouse terraces

Matías Fabian Nepi

dirigido por Marta Monzón Chavarrías

Agradecimientos:

A Daniel y Noelia, junto con su pequeña; por la buena disposición a ayudar y aportar en todo momento la información necesaria de su vivienda, buscando siempre la excelencia en cada fotografía o documento facilitado.

A Tomás, Narcisa y, especialmente, a Joselin; por su increíble ayuda, no solo en lo relativo a la vivienda de estudio, sino en todo lo relacionado con este trabajo, aportando un apoyo que no se puede llegar a describir con palabras.

A Marta; por la presteza y excelencia en cada corrección y comentario, encontrando solución y alternativas en cada inconveniente.

INDICE

PARTE 0. RESUMEN

0.1	Resumen.	04
-----	----------	----

PARTE 1. INTRODUCCIÓN

1.1	Motivación.	06
1.2	Objetivos.	06
1.3	Metodología.	06

PARTE 2. PERSPECTIVA GLOBAL. ACTUACIÓN LOCAL

2.1	Situación Actual. Crisis energética, económica y medioambiental.	09
2.2	El papel de la ciudad contemporánea en el contexto energético europeo.	15
2.3	El futuro de la ciudad. Su desarrollo y la importancia de la vivienda colectiva.	15

PARTE 3. ¿POR QUÉ REHABILITAR?

3.1	Transformar antes que demoler. La actitud de Lacaton y Vassal.	18
3.2	Estrategia del invernadero en la arquitectura doméstica.	20
3.3	Rehabilitación de la vivienda colectiva con jardines de invierno. Proyectos de Lacaton y Vassal. <i>Transformación Torre Bois-Le-Petre</i> <i>Transformación de 530 viviendas en Burdeos</i> <i>Transformación Torre en la Chesnaie</i>	22

PARTE 4. ESTUDIO DEL PARQUE RESIDENCIAL DE ZARAGOZA

4.1	Necesidad de rehabilitar el parque residencial de Zaragoza.	35
4.2	Estudio energético de una vivienda en el barrio de Valdespartera. ¿Funciona la terraza invernadero en Zaragoza?	36
4.3	Estudio energético de una vivienda en el barrio de San José. ¿Necesita una rehabilitación energética?	48

PARTE 5. SIMULACIÓN DE LA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA

5.1	Simulación y estudio de la terraza invernadero en la vivienda de San José.	58
5.2	Beneficios e inconvenientes de la implementación de la terraza	64
5.3	Conclusiones generales	65
	Bibliografía	66

PARTE 0. RESUMEN

0.1 Resumen.

El objeto de este trabajo consiste en estudiar el planteamiento de la terraza invernadero como una estrategia de rehabilitación energética en el parque residencial de Zaragoza.

Para ello, antes de centrar la atención en una medida de actuación local, se propone un recorrido a través de una perspectiva más global en un contexto de crisis económica, medioambiental y energética, como el que se está viviendo en los últimos años.

Es por este motivo que diferentes gobiernos y organismos mundiales ponen énfasis en publicar acuerdos y estrategias para paliar los efectos perjudiciales, tanto para el planeta, como para la propia humanidad.

Al principio de este trabajo se verán algunos de los documentos más reconocidos pertenecientes a este ámbito, se expondrán sus principales objetivos y metas, así como el camino a seguir para los estados vinculados.

Una problemática general que se identifica en varias de estas publicaciones es el papel de la ciudad contemporánea como foco de consumo energético y de emisiones de gases de efecto invernadero. Para revertir esta situación muchos organismos han decidido actuar a favor de la rehabilitación de los edificios, en concreto de aquellos destinados a usos de residencia colectiva.

En este sentido, el despacho de arquitectura Lacaton & Vassal lleva años estudiando las ventajas y beneficios de la rehabilitación (o transformación, como lo denominan ellos) de este tipo de viviendas, utilizando el elemento de terraza invernadero, llamado jardín de invierno, como protagonista en sus proyectos. Con el objetivo de aprender sobre esta actitud, se ha seleccionado 3 obras representativas de transformación para analizarlas más en detalle.

Una vez abordado el tema con más perspectiva, y respaldado con la trayectoria profesional de Lacaton & Vassal, se propone un estudio energético de dos viviendas ubicadas en la ciudad de Zaragoza, una de ellas con terraza invernadero y la otra sin. Comparando los resultados del estudio entre una y otra se puede valorar la eficacia de esta medida en un territorio diferente a las obras vistas anteriormente, y decidir su viabilidad en Zaragoza.

Con unos resultados positivos se pondría en marcha la simulación energética de una supuesta rehabilitación para el bloque residencial que no poseía terrazas invernadero, compuesta simplemente por el añadido de esta medida de mejora energética pasiva. Para culminar con una comparativa global y unas reflexiones sobre las ventajas e inconvenientes de implementar este proceso en la rehabilitación de viviendas en Zaragoza.

PARTE 1.

INTRODUCCIÓN

PARTE 1. INTRODUCCIÓN

1.1 Motivación.

La voluntad de realizar este trabajo surge de una perspectiva crítica a la situación actual energética global. El auge de la tecnología en la arquitectura ha supuesto un cambio de paradigma a la hora de proyectar, pero a la vez requiere de un gran precio: la demanda de energía. Durante el siglo XX y gran parte de lo que llevamos del siglo XXI esta energía proviene en un alto porcentaje de fuentes no renovables, lo que ha derivado en una serie de consecuencias medioambientales muy graves: calentamiento global, agotamiento de los recursos naturales, entre otros; debido a los residuos que éstas generan.

En la arquitectura actual el sistema en el que más se invierte energía es en la climatización, es decir, el crear un ambiente de confort en el interior de nuestro edificio que aplaque la situación meteorológica exterior. Sin embargo, durante mucho tiempo lo único que se ha hecho es ligar el concepto de confort térmico interior a la necesidad de un soporte de climatización a través de sistemas activos, los cuales consumen energía.

Esta forma de proyectar cada día es más inviable, como se ha comentado anteriormente. El hecho de consumir energía que proviene de fuentes no renovables produce efectos adversos en el medioambiente y por ello varios organismos mundiales están intentando cambiar la tendencia global, mediante diferentes estrategias.

Cada día somos más conscientes de la necesidad de dejar de depender de estas fuentes actualmente más convencionales para empezar a utilizar energías renovables y descarbonizadas. Sin embargo, como arquitectos hay algo más en lo que podemos incidir para revertir la situación actual: empezar a proyectar sistemas que recurran a estrategias pasivas en cuanto al aprovechamiento energético de su entorno.

Durante mi formación he podido observar cómo estas estrategias podían llegar a ser el punto más atractivo de un proyecto, ya que se convertían en el nexo entre la imagen atractiva exterior del edificio y su parte más funcional en el ámbito energético. Concretamente, el elemento de la terraza invernadero en el ámbito residencial puede ser una estrategia con un potencial muy alto y que afecta a todas las áreas del proyecto.

1.2 Objetivos

Teniendo en cuenta todos los factores previamente descritos, este trabajo tiene como objetivo reflexionar sobre una posible estrategia que ayude a paliar los efectos medioambientales en el ámbito de la arquitectura, poniendo en énfasis la estrategia de *terracea invernadero*.

Dicha estrategia está planteada para ser utilizada en edificios residenciales, aunque este trabajo se centrará en vivienda colectiva, las más frecuentes en grandes ciudades. Estas metrópolis son uno de los grandes focos de consumo energético, como veremos más adelante. Por ello, la urgencia de actuar en este medio urbano es vital.

Además, el planteamiento correcto frente a la crisis energética, económica y medioambiental de nuestros días es poder llevar a la práctica esta estrategia en el ámbito de la rehabilitación energética.

Por ello, con este trabajo se busca demostrar los buenos resultados que puede obtener una vivienda con cierta antigüedad y, por tanto, necesidad de rehabilitación energética, con solo la implementación de la estrategia de *terracea invernadero*.

1.3 Metodología

El trabajo se ha dividido en diferentes partes, recorriendo la problemática de la crisis energética desde una perspectiva global hasta una mirada más local en la ciudad de Zaragoza.

La primera parte aborda un análisis de la situación energética a nivel mundial, donde se reflexiona sobre el papel que tienen las ciudades contemporáneas como foco de consumo energético y cómo debería ser su desarrollo futuro, para conseguir revertir la tendencia actual. Nos apoyamos en los análisis e informes de la Organización de Naciones Unidas (en adelante, ONU) y diferentes organismos que promueven este desarrollo más sostenible de manera global.

En la segunda parte se reflexiona sobre el camino a seguir para nuestras ciudades, ¿es mejor derribar y construir algo nuevo? ¿o rehabilitar y darles una segunda vida a los edificios?

Frente a la realidad del crecimiento urbano y la concentración de la población en las grandes ciudades, debemos plantearnos cuál es la mejor forma de adaptar nuestras ciudades para que crezcan de una manera sostenible impactando lo menos posible de manera negativa en su entorno.

Por ello, el discurso de los arquitectos Lacaton y Vassal será la base de este bloque, donde se analizará desde un punto de vista crítico las ventajas e inconvenientes de apostar por la *transformación* de los edificios.

Este concepto, para referirse a la rehabilitación del parque residencial, junto a la introducción del concepto de *invernadero* en la arquitectura doméstica servirán de punto de partida para nuestro estudio en Zaragoza.

¿Zaragoza necesita renovar su parque residencial? ¿Una estrategia como la terraza invernadero serviría en un entorno como el de nuestra ciudad?

Estas son algunas de las preguntas que se intentarán responder en la tercera parte del trabajo. Zaragoza posee ya algunas estrategias impulsadas por las directrices europeas y adaptadas por los organismos locales, éstas se estudiarán para ver su eficacia y observar cómo llevar a cabo la posible estrategia que se plantea en este trabajo.

Además, se ha elegido dos viviendas reales para realizar un estudio energético de cada una de ellas. La primera se localiza en el barrio de Valdespartera y cuenta con una terraza invernadero proyectada desde un principio. La otra, en el barrio de San José, tiene una fachada convencional y no presenta un aislamiento térmico considerable, por lo que es una vivienda que podría necesitar una rehabilitación energética.

Para poder realizar dichos estudios se recurre a un software informático llamado CypeTherm PLUS, perteneciente al grupo de programas CYPE, herramientas profesionales y homologadas de certificación y estudio energético. Los planos e información constructiva de las viviendas se han extraído del archivo municipal de Zaragoza, y toda información incompleta se ha complementado de manera coherente con construcciones similares en ubicación y tiempo.

En la última parte, mediante la herramienta CypeTherm PLUS, se simula una rehabilitación energética con una terraza invernadero para la vivienda de San José. Se comparan los resultados con los obtenidos en el apartado anterior y se reflexiona sobre su eficacia.

Se plantean las ventajas e inconvenientes de esta estrategia y se plasman las conclusiones frente a los apartados vistos en el resto del trabajo.

PARTE 2.

PERSPECTIVA GLOBAL. ACTUACIÓN LOCAL

PARTE 2. PERSPECTIVA GLOBAL. ACTUACIÓN LOCAL

2.1 Situación Actual. Crisis energética, económica y medioambiental.

Desde la Revolución Industrial el mundo ha sufrido un profundo cambio en su funcionamiento económico, energético y medioambiental. El desarrollo de gran parte de los países se ha debido a su rapidez en adaptarse a esta nueva manera de vivir.

El crecimiento tecnológico y la expansión de la forma de vida urbana ha supuesto un cambio de paradigma a la hora de consumir los recursos naturales disponibles en el planeta. La creciente demanda energética por parte de la industria y de las ciudades tenía que ser satisfecha con energía proveniente de combustibles fósiles, produciendo de esta manera para electricidad y para combustión, pero también emitiendo a la atmósfera grandes cantidades de gases de efecto invernadero.

Los niveles de CO₂ en la atmósfera antes de la Revolución industrial oscilaban entre las 180 y las 280 partes por millón, hoy en día estos valores han llegado a las 420,02 partes por millón, aproximadamente se ha duplicado comparado con los registros históricos del planeta.¹

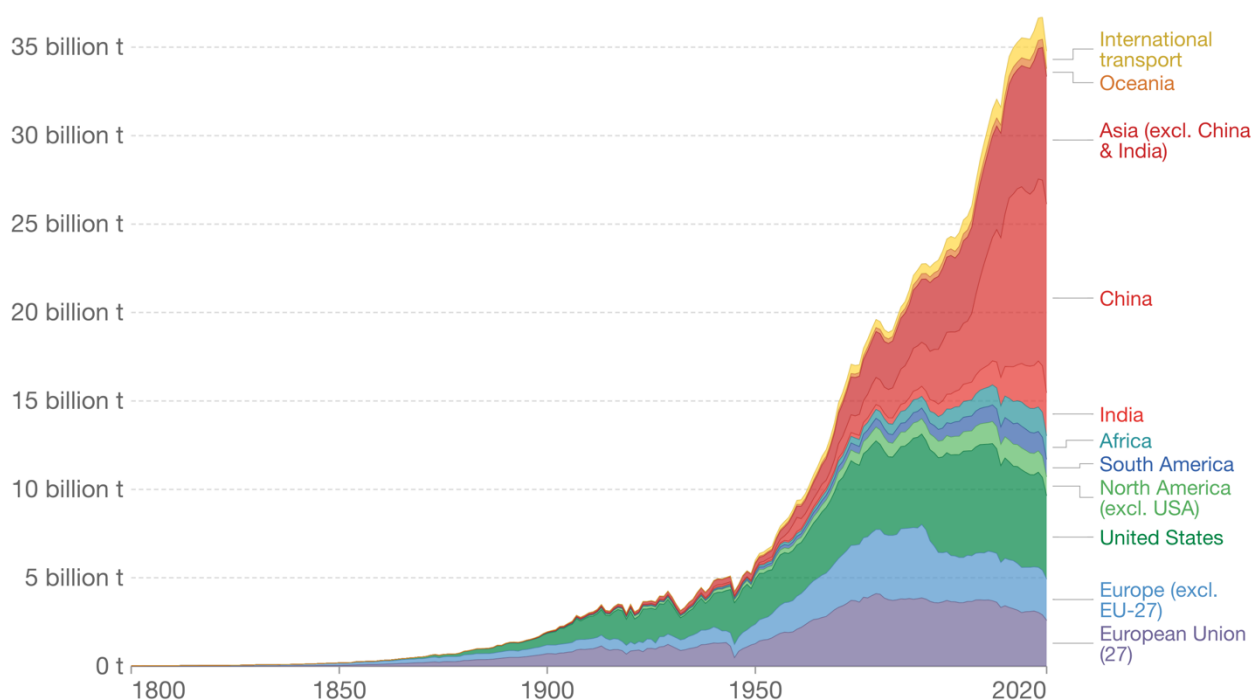


Figura 1. Gráfico comparativo de las emisiones anuales de CO₂ por región

Fuente: Our World in Data basado en Global Carbon Project

Se puede observar en esta figura la fuerte escalada producida en los últimos 100 años, un ritmo de crecimiento realmente alarmante.

La elevada presencia de este tipo de gases en nuestra atmósfera produce un efecto absolutamente negativo al medio ambiente, y por consecuencia, a nuestra manera de vivir. Una de las principales características de los GEI (Gases de efecto invernadero) es que retienen la radiación proveniente del Sol y provocan un aumento permanente de la temperatura global. Solo es necesario un leve aumento de las temperaturas para que los desencadenantes medioambientales sean muy graves.

¹ Elizabeth Landau, "Los niveles históricos de dióxido de carbono ponen en peligro al planeta", CNN en Español, 30 de mayo, 2013.

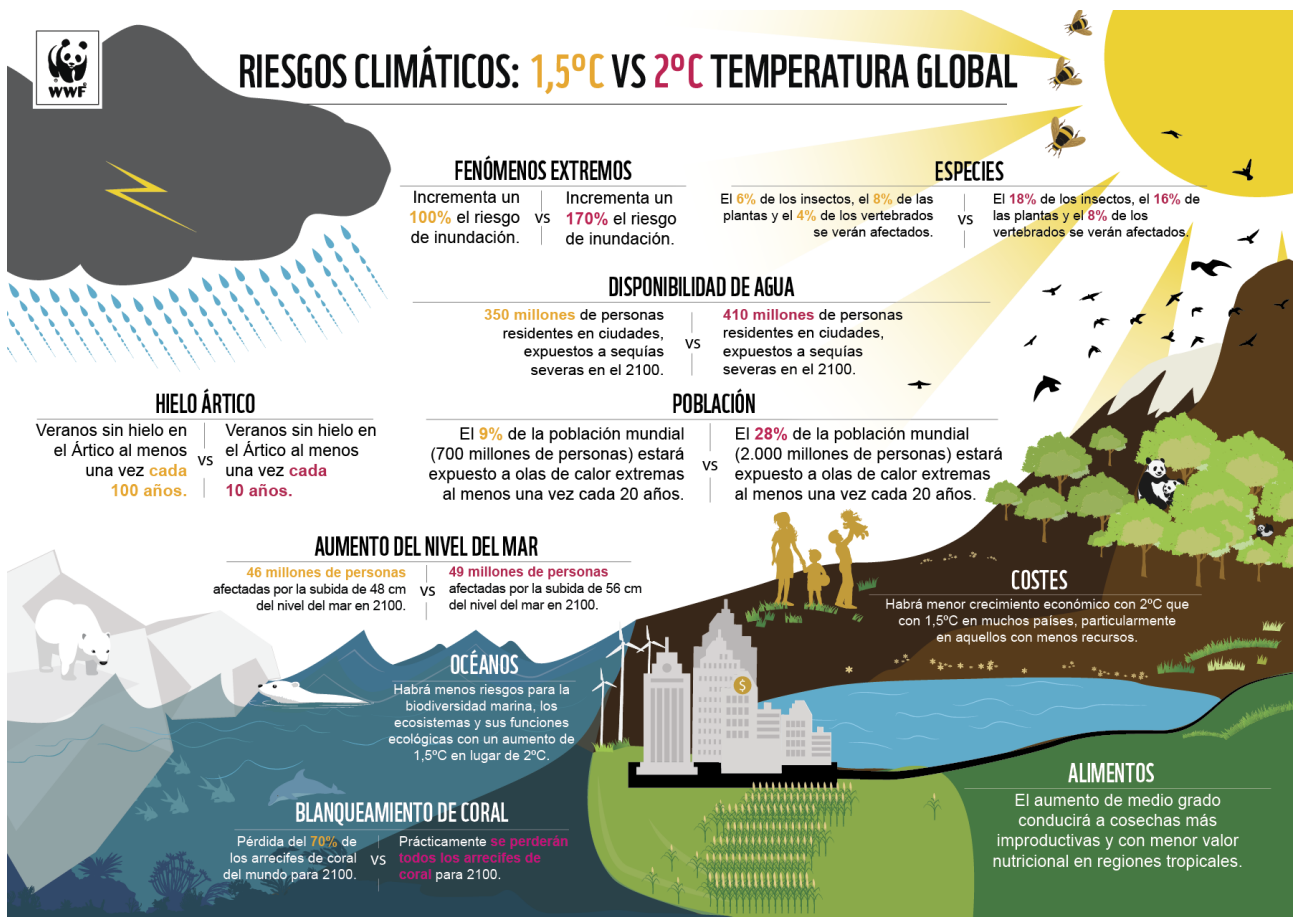


Figura 2. Riesgos climáticos frente al aumento de temperaturas

Fuente: Informe científico de referencia alerta sobre consecuencias del calentamiento global por encima de 1,5°C, WWF.

Sin embargo, el incremento de temperatura es solo una de las muchas consecuencias de una crisis global.² El consumo excesivo de energía proveniente de fuentes no renovables no solo repercute al ámbito medioambiental del planeta, si no que afecta a la economía internacional, a las relaciones políticas y sociales entre países e incluso puede desatar conflictos por los intereses energéticos de cada nación.

Esta tendencia al alza, como se ha explicado anteriormente, se debe en gran parte a la incesante dependencia de producir energía proveniente de la combustión de recursos fósiles, es decir, fuentes no renovables.

Estas fuentes no solo tienen la desventaja de la emisión de gases perjudiciales para el medio ambiente, sino que también provocan un desequilibrio en el desarrollo de los diferentes países, debido a que su localización no es homogénea a través del planeta y por ello, los países que cuentan con mayores reservas de dichos fósiles poseen una ventaja económica frente a los demás.³

² Christian Gortazar, José de la Fuente y Octavio Armas Vergel, "Población, agua, biodiversidad, energía y alimentación: los pilares de una crisis global", *The Conversation*, 19 de agosto, 2021.

³ "Producción e importaciones de energía" *Eurostat, Statistics Explained*, accedido el 17 de septiembre, 2022, https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy_production_and_imports/es&oldid=508592#Tanto_la_UE_como_sus_Estados_miembros_son_importadores_netos_de_energ.C3.ADA

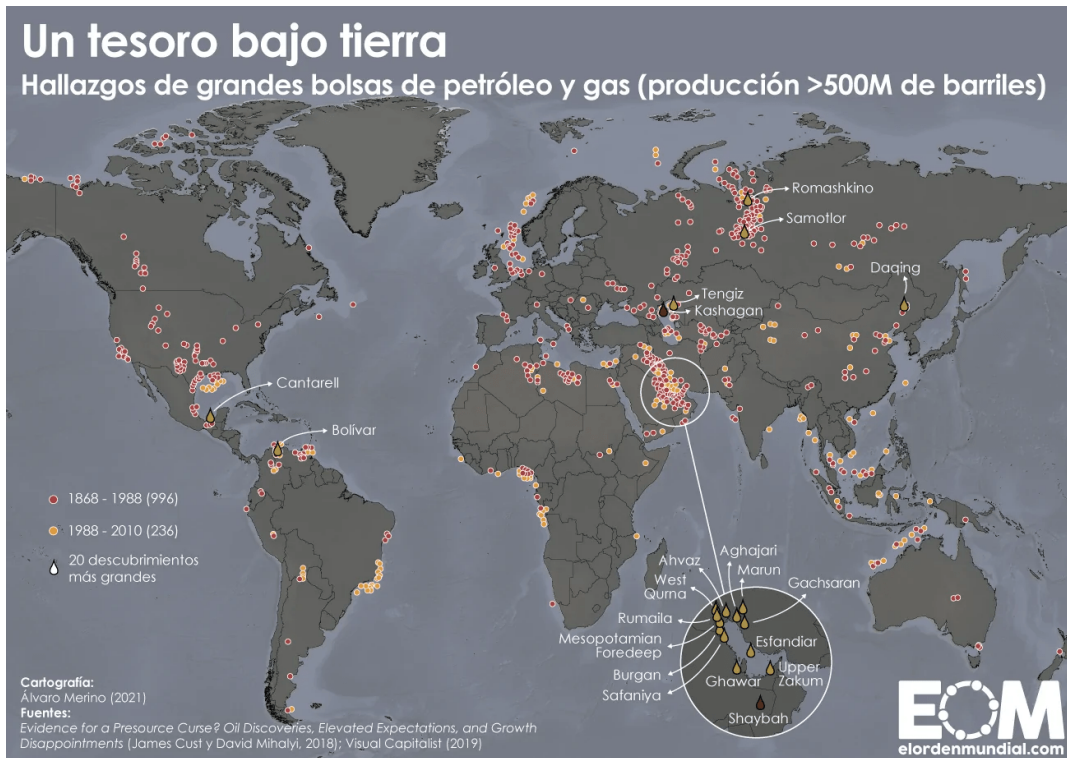


Figura 3. Localización de los principales yacimientos de petróleo y gas

Elaboración: Álvaro Merino. Fuentes: *Evidence for a Resource Curse? Oil Discoveries, Elevated Expectations, and Growth Disappointments* (James Cust y David Mihalyi, 2018); *Visual Capitalist* (2019)

Se aprecia como la aparición de yacimientos de combustibles fósiles se produce en determinadas zonas. Se aprecia como en el territorio europeo este tipo de fuentes escasea en comparación con lugares como la península arábiga.

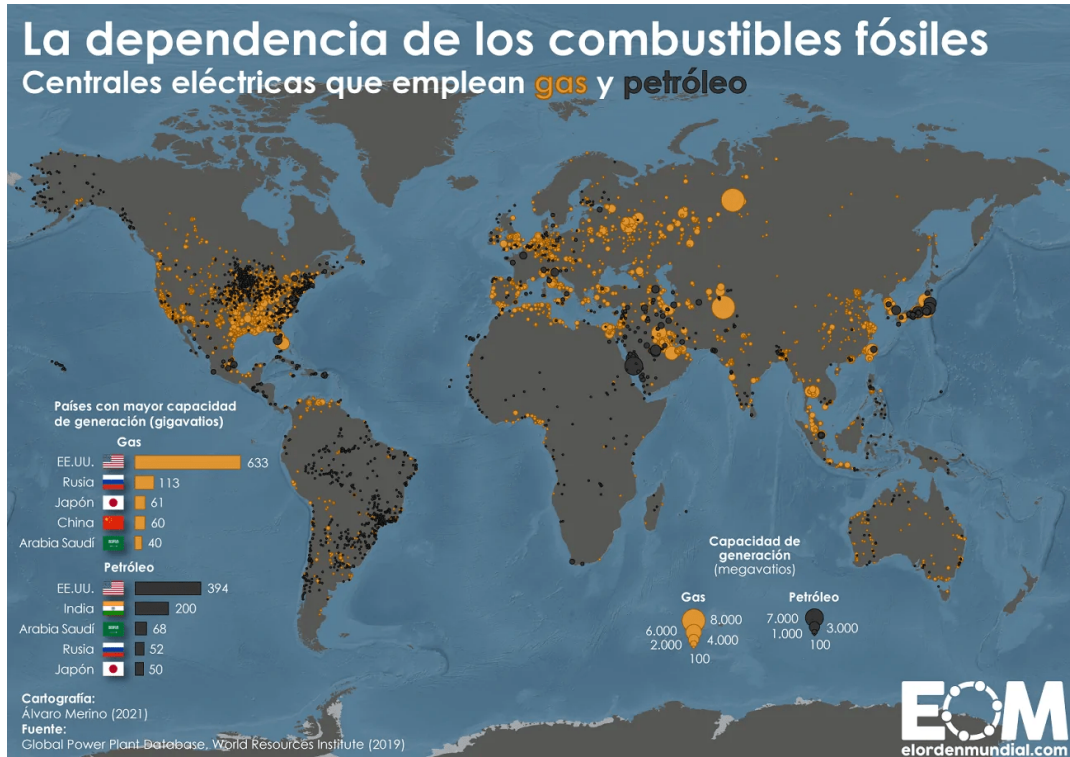


Figura 4. Localización de las principales centrales eléctricas alimentadas por petróleo y gas

Elaboración: Álvaro Merino. Fuentes: *Global Power Plant Database, World Resources Institute* (2019)

Sin embargo, es bastante reseñable que en el territorio europeo existe una fuerte presencia de centrales eléctricas alimentadas, precisamente, por fuentes no presentes en la zona europea.

Este hecho produce lo que se denomina *dependencia energética*, un término acuñado para definir a aquellos países que dependen de adquirir los recursos energéticos de manera externa. En concreto, la Unión Europea es muy dependiente en cuanto a combustibles fósiles se refiere, por lo que necesita importar combustibles como gas, petróleo o carbón para producir energía en sus centrales termoeléctricas.

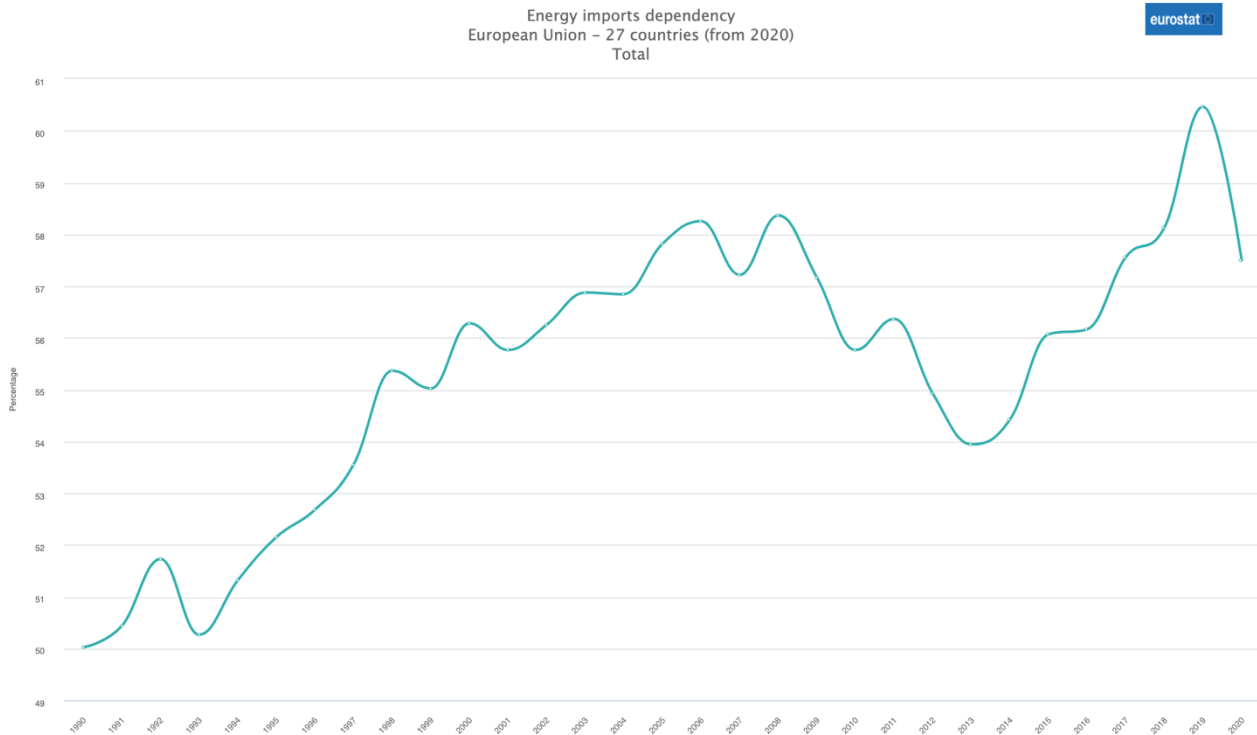


Figura 5. Comparación de la dependencia energética de la UE a través del tiempo

Elaboración: EUROSTAT. Fuentes: EUROSTAT

Debido a la necesidad de importar dichos recursos, la Unión Europea depende energéticamente del exterior. Con esta gráfica se puede observar como esa dependencia ha ido aumentando con el paso del tiempo, y no es hasta hace un par de años que se está intentando revertir esta situación convirtiendo Europa en un continente auto sostenible.

Energy import dependency, EU, 2020

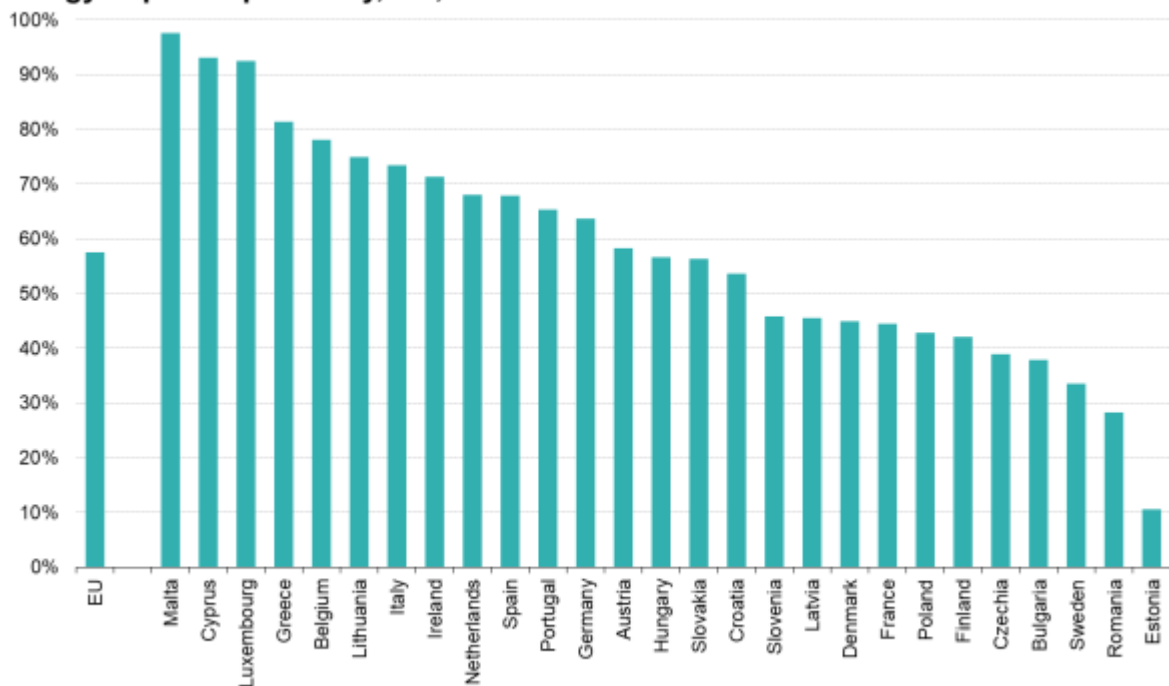


Figura 6. Comparación de la dependencia energética de los estados miembros de la UE

Elaboración: EUROSTAT. Fuentes: EUROSTAT

Por esto, estos recursos son propensos a fluctuar en su disponibilidad, ya sea por su agotamiento o por ser vetados debido a conflictos políticos. Toda la economía de un país puede resentirse por desacuerdos entre regiones y de esta manera aumentar la crisis global.

"En definitiva, el gas se ha convertido en una de las bazas más importantes a la hora de obtener réditos económicos y políticos en el nuevo tablero mundial. Las potencias con una excesiva dependencia energética, como es el caso de la Unión Europea, corren el riesgo de perder la partida antes incluso de empezar a jugarla."⁴

Frente a este escenario internacional, numerosas organizaciones mundiales han tomado iniciativas para revertir dicha situación.

Por ejemplo, el 12 de diciembre de 2015 se adoptó el Acuerdo de París, un tratado internacional firmado por 196 países en la Conferencia de las Partes (COP21) en París. Su objetivo es limitar el calentamiento global, anteriormente descrito, a 1,5 °C en comparación con los niveles preindustriales.

Este acuerdo, a diferencia de otros anteriores, es jurídicamente vinculante por lo que se espera un fuerte compromiso por parte de los participantes. Este hecho supuso un hito en el proceso multicultural al unir a todos los países en emprender una causa común. Sin embargo, debe ser cada país el que proponga una serie de estrategias nacionales a largo plazo para conseguir dichos objetivos.⁵



Figura 7. Claves del Acuerdo de París

Elaboración: A.L. para www.efeverde.com. Fuentes: Equipo EFEverde en la COP21 y texto del Acuerdo de París sobre el clima

A diferencia de este acuerdo, se redactó un par de meses antes, un nuevo plan denominado: Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Dicho documento, aprobado en septiembre de 2015 por 150 líderes mundiales, tiene como objetivo transformar la forma de vida actual en un modelo sostenible en todas las áreas posibles. Por tanto, ya no es un acuerdo para paliar una consecuencia medioambiental, sino que comprende una voluntad más ambiciosa abarcando de esta manera múltiples aspectos de la sociedad, economía y medioambiente.⁶

⁴ José Manuel Muñoz Puigcerver, "El gas es más que nunca, pieza clave en el tablero geoestratégico mundial", *The Conversation*, 24 de noviembre, 2021.

⁵ "El Acuerdo de París" *United Nations, Climate Change*, accedido el 17 de septiembre, 2022, <https://unfccc.int/es/process-and-meetings/the-paris-agreement/el-acuerdo-de-paris>

⁶ "La Agenda para el Desarrollo Sostenible" *Naciones Unidas, ODS*, accedido el 17 de septiembre, 2022, <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/>

Para ello, la agenda se divide en diferentes objetivos de desarrollo sostenible (ODS) a mejorar para poder conseguir un mundo sostenible para los años próximos. Se destaca, sobretodo para este trabajo, los objetivos:

- ODS 7. Energía asequible y no contaminante
- ODS 11. Ciudades y comunidades sostenibles
- ODS 12. Producción y consumo responsables
- ODS 13. Acción por el clima



Figura 8. Resumen diagrama Objetivos de Desarrollo Sostenible

Elaboración: United Nations en colaboración con Trollback+Company. Fuentes: United Nation, ODS Agenda 2030

La misma Unión Europea también se ha sumado a aportar sus propias acciones a favor de paliar los efectos del excesivo consumo energético global. Para ello, ha puesto en marcha el Pacto Verde Europeo, una serie de medidas y estrategias comprendidas en el mismo marco de mejora medioambiental que surgen con el paso de los años, y entre los cuales se puede destacar la rehabilitación de las edificaciones, ya sean públicas o privadas, de las ciudades europeas.⁷



Figura 9. Datos y objetivos del Pacto Verde (Green Deal) Europeo

Elaboración: Velatia Networks. Fuentes: Velatia Networks

⁷ “Un Pacto Verde Europeo” Comisión Europea, accedido el 17 de septiembre, 2022, https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_es

Este punto es esencial en el trabajo que se expondrá a continuación y es que el papel de la ciudad contemporánea es vital para conseguir cumplir los objetivos, cada vez más exigentes, sobre consumo de energía y emisiones de gases de efecto invernadero.

2.2 El papel de la ciudad contemporánea en el contexto energético europeo.

Como se ha comentado anteriormente el consumo energético es uno de los pilares fundamentales de la crisis global actual. El hecho de obtener energía a través de explotar recursos provenientes de fuentes no renovables representa el 60% de todas las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero.⁸

Este consumo de energía es necesario para satisfacer los servicios de nuestra vida cotidiana. Tal como se expone en el ODS 7: "un sistema energético bien establecido apoya todos los sectores: desde las empresas, la medicina y la educación a la agricultura, las infraestructuras, las comunicaciones y la alta tecnología"⁹. Por ello, se debe buscar una solución debida a la alta carga que ahora mismo está soportando el consumo no sostenible de la energía y poder llegar a "garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos"¹⁰.

En el contexto energético europeo uno de los grandes focos de este problema son las ciudades. Casi el 50% del consumo final de la Unión Europea se destina a la calefacción y refrigeración¹¹.

Los núcleos urbanos representan el 60% del consumo de los recursos mundiales y se prevé que el 60% de la población global habite en grandes urbes para 2030.¹² Esta tendencia debe producir un cambio de paradigma frente a la situación actual de la ciudad, sobretodo en la Unión Europea, donde se ha decidido cumplir con el objetivo de descarbonizar las ciudades y conseguir ser el primer continente con emisiones netas de GEI en 2050.

Por ello, no solo es necesario empezar a proyectar y construir con un criterio diferente, teniendo en cuenta valores tales como la sostenibilidad e impacto de los materiales y técnicas que se usen; si no transformar el parque residencial ya existente y mejorar su eficiencia energética aportando así una mejora en las urbes ya consolidadas y descargando el peso en el consumo de energía final.

2.3 El futuro de la ciudad. Su desarrollo y la importancia de la vivienda colectiva.

Las ciudades, como se ha visto en el punto anterior, representan un gran foco de consumo de energía, y por ello los diferentes organismos que han redactado medidas para combatir esta crisis han reservado al menos un apartado para tratar el tema de las urbes.

Este trabajo se centrará en lo que compete al organismo de la Unión Europea, ya que se trata de estudiar las posibles soluciones para el territorio español. Para conseguir los objetivos que Europa plantea para los próximos años se han publicado una serie de directrices y estrategias que permiten aglomerar diferentes soluciones para cada país de la Unión, siempre que consigan una misma meta.

En concreto, las Directivas 2010/31/UE y 2012/27/UE sobre la eficiencia energética de los edificios, y su posterior modificación con la Directiva 2018/844, son documentos clave para este estudio, ya que es aquí donde se plantea la idea de renovar el parque nacional de edificio residenciales y no residenciales, considerando que cada Estado miembro debe desarrollar sus propias medidas y estrategias a largo plazo.¹³

"La apuesta por la rehabilitación energética del parque edificado de los Estados Miembros es cada vez más fuerte y decidida por parte de la Comisión Europea. Este propósito se ve reflejado en el Green Deal o Pacto Verde que la Comisión Europea presentó a principios de año, en el que el la "Gran Ola de la Renovación" o "Renovation Wave", en inglés, tiene un papel protagonista. Esta ambición también tiene su reflejo en la ampliación del contenido y concreción que debe tener la estrategia de renovación a largo plazo, recogido, tras la publicación de la Directiva 2018/844/UE, en el artículo 2 bis de la Directiva 2010/31/UE."¹⁴

Para ello, España ha redactado el ERESEE 2020, la Estrategia a largo plazo para la Rehabilitación Energética en el Sector de la Edificación en España. Esta modificación, que actualiza el documento ERESEE 2017, comprende un exhaustivo trabajo que plasma los diagnósticos, objetivos y escenarios del sector de la edificación en España.

⁸ "ODS 7, Why it matters?" Naciones Unidas, ODS, 1.

⁹ "ODS 7, Why it matters?" Naciones Unidas, ODS, 1.

¹⁰ "ODS 7, Why it matters?" Naciones Unidas, ODS, 1.

¹¹ Considerando 7, "DIRECTIVA (UE) 2018/844 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 30 de mayo de 2018", *Diario Oficial de la Unión Europea*, 19 de junio, 2018.

¹² Naciones Unidas, *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2019* (New York: United Nations Publications, 2019), 44.

¹³ Artículo 2 bis, "DIRECTIVA (UE) 2018/844 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 30 de mayo de 2018", *Diario Oficial de la Unión Europea*, 19 de junio, 2018.

¹⁴ Ministerio de transportes, movilidad y agenda urbana, *Estrategia a largo plazo para la Rehabilitación Energética en el Sector de la Edificación en España, actualización 2020* (Madrid: Redacción ERESEE, 2020), 3.

Poniendo énfasis en el sector residencial, el cual comprende el 85% de la superficie construida en España¹⁵, este documento aborda la situación actual del parque residencial existente y explora las posibilidades de rehabilitación. Además, es importante decir que la tipología de vivienda colectiva (o en bloque, como lo denominan en el documento de la ERESEE) es la más abundante entre las viviendas españolas, representando el 67,9%¹⁶.

La conclusión a la que se llega es que actualmente en España existe un gran porcentaje de edificios anteriores a la normativa del Código Técnico de la Edificación (CTE), por lo que no se tiene en cuenta, casi, ningún tipo de consideración sobre la eficiencia energética. Concretamente, entre 2006 y 2021, se construyeron 2.482.533 viviendas lo cual representa solo un 9,56% del total de viviendas existentes en el territorio nacional¹⁷.

Ante esta realidad, la propuesta que se presenta con esta estrategia es poder transformar, renovar y rehabilitar ese gran porcentaje de parque residencial existente, disminuyendo su consumo de energía final y descarbonizando las ciudades españolas, consiguiendo los objetivos del Pacto Verde europeo y poniendo como meta convertir los edificios existentes en edificios de consumo de energía casi nulo, llegando a la cifra de 7.100.000 viviendas rehabilitadas profundamente en 2050.¹⁸

Para poder conseguir dicha meta, ERESEE presenta una serie de criterios y consideración en las que es necesario hacer énfasis:

- El uso y la gestión del edificio, sus elementos y sistemas
- La demanda energética. Considerando las pérdidas energéticas por transmisión y por ventilación
- La eficiencia de las instalaciones de clima
- La fuente de energía

En este trabajo se atenderá al apartado de la demanda energética ya que, por una parte, puede considerarse uno de los mayores factores para mejorar la eficiencia energética, y por otra, es el apartado que más involucra la arquitectura del proyecto: su envolvente, fachada o huecos, por ejemplo.

¹⁵ WWF, *Resumen: Potencial de Ahorro Energético y de Reducción de Emisiones de CO₂ del Parque Residencial existente en España en 2020* (Madrid: WWF/Adena, 2010), 4.

¹⁶ Ministerio de transportes, movilidad y agenda urbana, *Estrategia a largo plazo para la Rehabilitación Energética en el Sector de la Edificación en España, actualización 2020* (Madrid: Redacción ERESEE, 2020), 13.

¹⁷ Datos extraídos de La Estimación del Parque de Viviendas, "Total de viviendas por comunidades autónomas y provincias", INE: Ministerio de transportes, movilidad y agenda urbana, 2021.

¹⁸ Ministerio de transportes, movilidad y agenda urbana, *Estrategia a largo plazo para la Rehabilitación Energética en el Sector de la Edificación en España, actualización 2020* (Madrid: Redacción ERESEE, 2020), 304.

PARTE 3.

¿POR QUÉ REHABILITAR?

PARTE 3. ¿POR QUÉ REHABILITAR?

3.1 Transformar antes que demoler. La actitud de Lacaton y Vassal.

"Lo que es valioso para nosotros es esta idea de complejidad, porque la ciudad existente es compleja, y como arquitectos tenemos que trabajar con ello. Hay riqueza en esta complejidad, una riqueza que alienta a encontrar soluciones y respuestas, y a pensar en cómo podemos ser sostenibles de forma diferente."¹⁹



Figura 10. Anne Lacaton y Jean Philippe Vassal

Fuentes: arquitecturaydiseño.es

Estas palabras pertenecen a Jean Philippe Vassal, socio y cofundador de la oficina Lacaton & Vassal junto a Anne Lacaton. Juntos se encargan de proyectar y crear arquitectura estrechamente comprometida con los usuarios. Su destreza y habilidad a la hora de romper con los tipos establecidos, a la vez que conseguían espacios de calidad y centrados en los usuarios, les han servido para hacerse con el premio Pritzker 2021. Sus valores sobre la economía, generosidad y sostenibilidad son los cimientos sobre los que se sostienen sus proyectos.

Esto se puede observar incluso desde sus orígenes, en uno de sus primeros proyectos como despacho independiente: la Casa Latapie. Ya desde este proyecto se propusieron cambiar los estándares domésticos, y se esforzaron en poder brindarle al cliente más espacio ajustándose al mismo presupuesto. En un origen la familia Latapie solo tenía presupuesto para construir una modesta vivienda de 75 m², pero lo que consiguieron Lacaton & Vassal fue aumentar la superficie de la casa hasta los 185 m².

¹⁹ Jean Philippe Vassal, "Placeres cotidianos. Una conversación con Anne Lacaton y Jean Philippe Vassal", entrevista hecha por Cristina Díaz Moreno y Efrén García Grinda. *El Croquis* 177/178 (Madrid, 2015), 14.

Los valores que se representan en esta primera vivienda se consiguen transmitir en toda su obra.

La generosidad: como ese concepto al que Lacaton & Vassal se refieren para dar siempre a los usuarios el máximo de sus posibilidades, espacios de calidad, pero sin un uso o tipología predefinidos para que sea el mismo cliente el que lo habite y haga suyo.

La economía: como ese apartado inseparable del proceso constructivo y que en manos de estos arquitectos redefine el concepto de lujo, en palabras de Anne Lacaton: *"El lujo está ligado a la libertad de uso y a un alto nivel de posibilidades con menos restricciones, con el no tener límites a tu imaginación y deseos y, desde luego, no está ligado al coste. El diseño del proyecto y el control de la economía hacen posible y asequible este proyecto."*²⁰

La sostenibilidad: como la base de sus intenciones, no solo con el uso de materiales y técnicas constructivas con el menor impacto en su entorno, sino sobretodo con sus estrategias proyectuales. Es común en la obra de Lacaton & Vassal ver una profunda reflexión y estudio para implementar medidas que aprovechen al máximo las capacidades bioclimáticas de la arquitectura de manera pasiva. De esta manera, encontraron un sistema constructivo que han ido implementando y adaptando en varios de sus proyectos: el invernadero.

Sin embargo, hay un concepto muy importante ligado también a la sostenibilidad: la transformación. Lacaton & Vassal se refieren de esta manera al proceso de rehabilitación y regeneración de edificios preexistentes, e incluso, de tramas urbanas. De esta manera, se revela una postura muy marcada: *"Para nosotros está claro que usando lo que ya existe puedes hacer más con menos"*²¹, y precisamente esta actitud fue lo que los llevo a realizar un estudio exhaustivo sobre la posibilidad de transformar las tramas urbanas compuestas de edificios de vivienda colectiva.

PLUS. La vivienda colectiva: territorio excepción es la recopilación, que se realizó junto a Frédéric Druot, de todo el trabajo de investigación, reflexión y estrategias sobre la intención de transformar el parque residencial contemporáneo, en vez de demolerlo y construir algo completamente diferente. Para Lacaton & Vassal esta opción (demoler) es una vía disparatada: *"ni es económico, ni es generoso, ni permite alcanzar la máxima calidad por la que nosotros apostamos. En cambio, creemos más inteligente comenzar por la ciudad existente, por sus problemas y cualidades, que deberían transformarse en oportunidades y situaciones excitantes."*²² Por ello deciden luchar por mantener la complejidad de la ciudad, la complejidad que contiene la riqueza que caracteriza y da carácter al lugar.

*"Esta alternativa consiste en desarrollar transformaciones de la ciudad existente, densificándola con el máximo de delicadeza, conservando los edificios, los árboles, los jardines; conservando, en definitiva, la vida que ya está ahí, y la memoria de los espacios o de los vecinos que ya no están más allí."*²³



Figura 11. Obras representativas de Lacaton & Vassal

Elaboración: propia. Fuentes: arquitecturaydiseño.es

²⁰ Anne Lacaton, "Placeres cotidianos. Una conversación con Anne Lacaton y Jean Philippe Vassal", entrevista hecha por Cristina Díaz Moreno y Efrén García Grinda. *El Croquis 177/178* (Madrid, 2015), 16.

²¹ Jean Philippe Vassal, "Placeres cotidianos. Una conversación con Anne Lacaton y Jean Philippe Vassal", entrevista hecha por Cristina Díaz Moreno y Efrén García Grinda. *El Croquis 177/178* (Madrid, 2015), 14.

²² Jean Philippe Vassal, "Placeres cotidianos. Una conversación con Anne Lacaton y Jean Philippe Vassal", entrevista hecha por Cristina Díaz Moreno y Efrén García Grinda. *El Croquis 177/178* (Madrid, 2015), 18.

²³ Jean Philippe Vassal, "Placeres cotidianos. Una conversación con Anne Lacaton y Jean Philippe Vassal", entrevista hecha por Cristina Díaz Moreno y Efrén García Grinda. *El Croquis 177/178* (Madrid, 2015), 18.

3.2 Estrategia del invernadero en la arquitectura doméstica.

El sistema bioclimático del invernadero es una estrategia que Lacaton & Vassal ha implementado en muchas de sus obras, sin embargo, su origen proviene de elementos de aplicación agrícola. Los primeros invernaderos con un funcionamiento similar a los que se conocen hoy en día se remontan al siglo XIII en Italia y se utilizaban para conservar y criar especies de plantas tropicales que los exploradores traían a Europa.

Ya por mediados del siglo XX este sistema se empezó a implementar a la arquitectura con un carácter más general por su interés bioclimático, como una manera muy sencilla de aclimatar un espacio de una manera pasiva.

Su comportamiento se basa en un principio básico: el efecto invernadero, nombrado así debido al propio elemento donde se produce. Su explicación es muy sencilla:

La radiación solar que llega a la Tierra posee una longitud de onda que se comprende entre los 300 y 3.500 nanómetros (nm). Los vidrios, por su parte, son permeables por longitudes de onda hasta los 2.500 nm, por lo que el 97% de la radiación solar podría atravesar sin mayor dificultad un vidrio convencional, sin embargo, existen unas pérdidas de radiación debido a varios factores. Aproximadamente un 7% de la radiación es reflejada en la superficie del vidrio, debido al ángulo de incidencia; un 15% es absorbida por el propio vidrio, el cual irradia ese calor hacia el interior y el exterior, en torno al 5% y 10%, respectivamente. En definitiva, un 78% de la radiación consigue atravesar el vidrio, ésta incidirá sobre los materiales en el interior del invernadero y empezarán a emitir energía por radiación, la cual posee una longitud de onda superior a los 11.000 nm, por tanto, no puede atravesar el vidrio hacia el exterior.²⁴

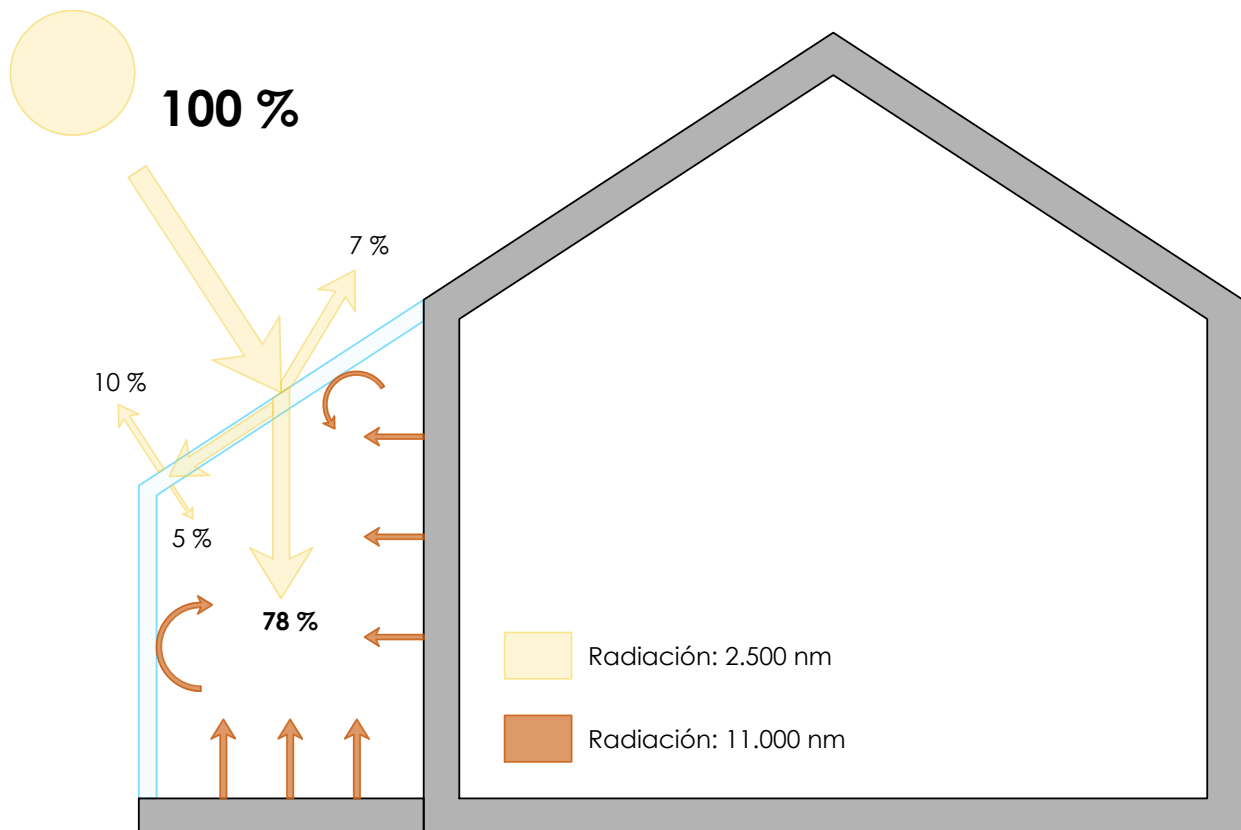


Figura 12. Efecto invernadero en la arquitectura doméstica

Elaboración: propia. Fuentes: *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible*

Con este fenómeno físico se consigue un excelente captador de energía solar, que retiene el calor obtenido de manera natural y que incluso puede ser reconducido hacia el resto de las estancias. Si se aplican valores bioclimáticos a la arquitectura, este principio resulta enormemente beneficioso, ya que puede ser replanteado y modificado para obtener una amplia variedad de soluciones: invernaderos en fachada, en cubierta, con muro trombe, entre otros.

²⁴ F. Javier Neila González, *Arquitectura Bioclimática en un entorno sostenible* (Madrid: Editorial Munilla-Lería, 2004), 274-276.

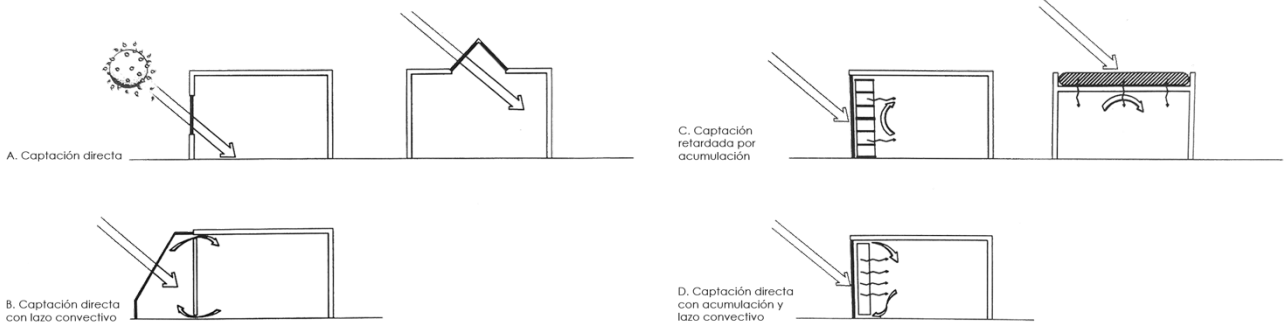


Figura 13. Clasificación de los sistemas de captación

Elaboración y Fuentes: *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible*

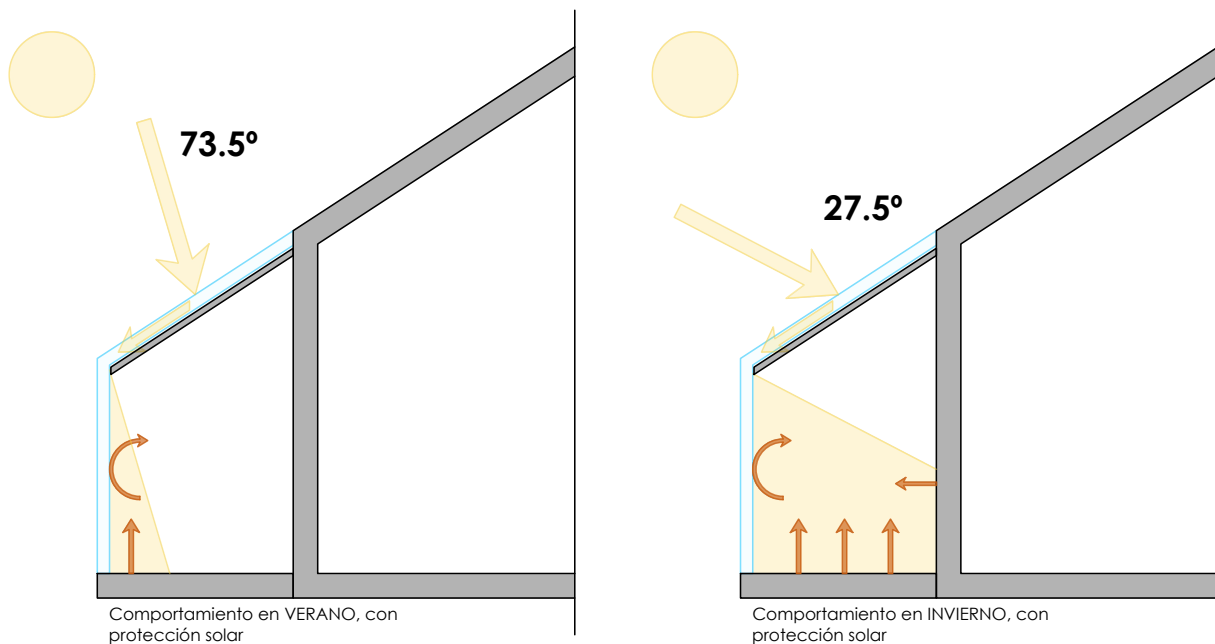


Figura 14. Comportamientos diferentes según la época del año

Elaboración: propia. Fuentes: *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible*

Como se puede apreciar, debido al comportamiento del Sol durante todo el año, se puede conseguir dos efectos muy diferentes si se implementa un elemento de protección solar similar al dispuesto en el esquema.

Estos elementos constructivos que forman parte del edificio se consideran sistemas pasivos, debido a que consiguen captar la energía calorífica de una manera natural, sin necesidad de consumir energía proveniente de fuentes externas.

En el caso de Lacaton & Vassal, el uso de los invernaderos tiene una doble intención: por un lado, amplían la superficie útil de las viviendas y por otro consiguen beneficios energéticos de forma pasiva. Para ello utilizan un sistema ligero y económico, para implementar un elemento bioclimático que consigue energía de manera pasiva. Consiguen de esta manera que el ahorro se produzca incluso en el ámbito energético, lo que refuerza su idea de sostenibilidad.

Los jardines de invierno, así los denominan Lacaton & Vassal, son un sistema clave para su obra, sobretudo en la transformación de vivienda colectiva. Por esta razón, se estudiarán diferentes casos con este factor común, para ver su puesta en práctica y los resultados que produce.

3.3 Rehabilitación de la vivienda colectiva con jardines de invierno. Proyectos de Lacaton & Vassal.

Anteriormente se ha analizado la actitud de Lacaton & Vassal como una posible postura frente a la situación de crisis energética, económica y medioambiental que se ha desvelado al principio de este trabajo. En este apartado se expondrán una serie de 3 proyectos ya construidos, para analizar la puesta en práctica de los valores y estrategias que se han defendido con anterioridad.

Estas 3 obras tienen sus diferencias y particularidades, sin embargo, todas ellas siguen la misma línea: una rehabilitación de vivienda colectiva mediante diferentes intervenciones, entre las cuales destaca la implementación de los jardines de invierno.

TRANSFORMACIÓN DE LA TORRE BOIS-LE-PETRE. PARÍS, 2011.



Figura 15. Vista desde la calle. Torre Bois-Le-Petre

Elaboración: Frédéric Druot. Fuentes: web oficial Lacaton & Vassal

Se trata de una torre de viviendas de 16 plantas con un total de 96 viviendas. El edificio se construyó en los años '60, pero sufrió una rehabilitación en el año 1990. Frente a este panorama, y con unas condiciones muy pobres en cuanto a la calidad del edificio actual, se planteó un derribo para poder conseguir una solución apta para los tiempos actuales.

Primeros acercamientos al proyecto.

Cuando Lacaton & Vassal acometieron el proyecto su primera decisión fue reunirse con los propietarios de las viviendas. En estas reuniones la conclusión principal es que los usuarios no querían abandonar lo que ya era su hogar. Por ello, Lacaton & Vassal encontraron en el edificio preexiste lo necesario para que, con las intervenciones necesarias, consiguiera el atractivo y la eficiencia buscada con unas viviendas nuevas.

“El proyecto se acompañó de un detenido diálogo con los inquilinos mediante la creación de grupos de talleres de discusión sobre las transformaciones generales del edificio e, individualmente con cada uno de ellos, sobre la renovación detallada de sus viviendas. Desde el inicio de las reuniones, se hizo obvio que la mayor parte de las familias no querían irse del edificio. El proyecto fue aprobado por una gran mayoría. Los inquilinos siguieron viviendo en el edificio durante todo el proceso de obra.”²⁵

²⁵ Fernando Márquez Cecilia y Paloma Poveda, “Transformación de la torre Bois-Le-Prêtre en París”, El Croquis 177/178 (Madrid: 2015), 234.



Figura 16. Comparación estado anterior-propuesta. Torre Bois-Le-Petre

Elaboración: Frédéric Druot, Lacaton & Vassal. Fuentes: web oficial Lacaton & Vassal

Metas proyectuales.

Este gran esfuerzo por conocer la postura de cada inquilino se refleja después en los objetivos a conseguir con una rehabilitación de este calibre. Se puede decir que la meta principal del trabajo era conseguir mejorar la calidad de vida de los ocupantes partiendo de las viviendas que ellos ya habían apropiado y personalizado con su estancia. Para ello, se libera el edificio de obstáculos para dar más luz y aire a cada apartamento, transformando la piel actual y convirtiéndola en una doble piel más bioclimática.

Las intervenciones en el interior se centraron en renovar los aseos y las cocinas, así como toda la instalación eléctrica. En cuanto a la planta baja y a las zonas de comunicación vertical se replanteó toda su situación, convirtiendo el espacio en una zona mucho más permeable, transparente y luminosa. Pero la intervención protagonista de todo el proyecto es la ampliación del suelo de cada vivienda.



Figura 17. Comparación estado original-anterior-propuesta. Torre Bois-Le-Petre

Elaboración: Frédéric Druot, Lacaton & Vassal. Fuentes: web oficial Lacaton & Vassal



Figura 18. Comparación estado anterior-propuesta en planta. Torre Bois-Le-Petre

Elaboración: Frédéric Druot, Lacaton & Vassal. Fuentes: web oficial Lacaton & Vassal

Estrategias constructivas.

Mediante unos módulos prefabricados de forjados y pilares de estructura metálica, que se adosan a las fachadas principales de la torre, se consigue una ampliación de la superficie útil de cada apartamento. Estas zonas, los jardines de invierno, son espacios no climatizados pero que funcionan como una doble piel eficiente y amortigua, tanto térmica como acústicamente, del exterior. Estas terrazas invernadero se componen de un cerramiento exterior de paneles móviles de policarbonato transparente y unas cortinas de aislamiento térmico en el interior, para generar sombra y evitar el sobrecalentamiento en épocas de verano. En la fachada propia del edificio se sustituye las carpinterías antiguas, pequeñas y con poca eficiencia energética, por grandes paños de vidrios, de suelo a techo, para conectar los espacios de salón y dormitorios con las nuevas terrazas y disfrutar de las vistas.

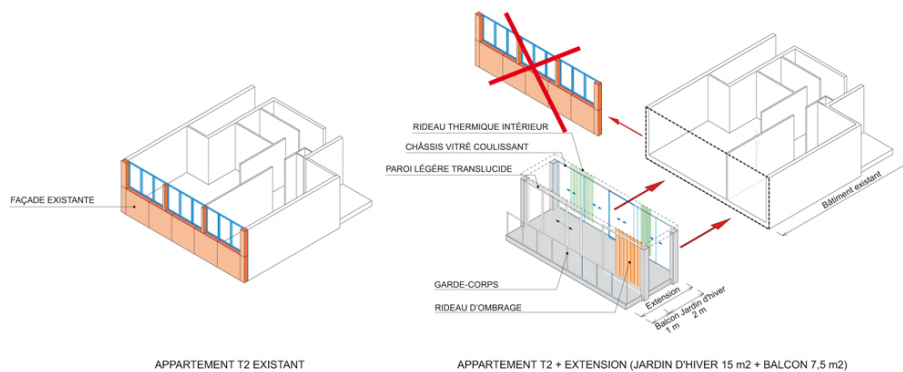


Figura 19. Esquema de la transformación de la fachada. Torre Bois-Le-Petre

Elaboración: Frédéric Druot, Lacaton & Vassal. Fuentes: web oficial Lacaton & Vassal



Figura 20. Proceso de sustitución de carpinterías e instalación de los jardines de invierno. Torre Bois-Le-Petre

Elaboración: Frédéric Druot, Lacaton & Vassal. Fuentes: web oficial Lacaton & Vassal

Resultados.

Un factor muy importante de este proyecto es el hecho de que los inquilinos siguieron viviendo en los apartamentos durante la obra. Esto pudo ser posible gracias a una planificación y una producción en fábrica de los módulos prefabricados.

Finalmente, los mismos usuarios terminaron de colonizar el espacio, haciéndolo suyo y creando de esta manera diferentes tipos de usos dependiendo de cada vivienda. Partieron de 8.900 m² construidos y consiguieron en total más de 12.400 m², es decir, ampliaron en cada vivienda una media de 37m².

De esta manera, Lacaton & Vassal consiguen, no solo abaratar el proyecto que en un principio iba a demolerse para construir otro, sino dar más al usuario partiendo de una preexistencia que ya poseía la esencia misma de cada inquilino. Más calidad en los espacios, en los usos, en las vistas, en la iluminación, en el ahorro económico y, sobretodo, en el ahorro energético.

Han resuelto los principales problemas de un edificio que ya no alcanza los estándares de calidad contemporáneos mediante una solución sostenible y que consigue de manera pasiva aumentar la eficiencia energética del edificio.



Figura 21. Resultado, apropiación del usuario del nuevo espacio. Torre Bois-Le-Petre

Elaboración: Philippe Ruault, Frédéric Druot. Fuentes: web oficial Lacaton & Vassal

TRANSFORMACIÓN DE 530 VIVIENDAS EN EL DISTRITO GRAND PARC. BURDEOS, 2017.



Figura 22. Vista exterior. 530 viviendas de Grand Parc

Elaboración: Philippe Ruault. Fuentes: web oficial Lacaton & Vassal

Este proyecto consiste en la transformación de 3 bloques de viviendas de entre 10 y 15 plantas de altura. Son edificios de tipología longitudinal cuya construcción original data de 1960. Las viviendas totales que componen la intervención de Lacaton & Vassal se elevan a 530, un número muy superior a su anterior proyecto de transformación.

Primeros acercamientos al proyecto.

Este conjunto de 3 edificios (denominados Edificio G, H e I) pertenecen al distrito *Cité du Grand Parc* y constituyen la primera fase de rehabilitación de esta zona de Burdeos. Por lo que, a diferencia del anterior proyecto, las intenciones, tanto de los arquitectos, como de la administración pública era conservar el máximo provecho de los edificios existentes. De esta manera se inicia el proceso de renovación de este conjunto urbano de más de 4.000 viviendas.

Lacaton & Vassal vieron en este proyecto una gran oportunidad de poner en práctica sus estudios en *PLUS* al defender los edificios colectivos en altura con viviendas de alta gama (*high-rise buildings for high-class residences*) el hábitat urbano responsable del futuro.

*"Este enfoque económico hace posible concentrar el esfuerzo en generosas extensiones del espacio que son, a nuestro juicio, la clave para mejorar a largo plazo la calidad y la dimensión de las viviendas. Estas piezas agregadas amplían los espacios de uso y la evolución de cada vivienda, ofreciendo la oportunidad, como ocurre en una casa (unifamiliar), de vivir en el exterior estando en un apartamento"*²⁶

²⁶ Fernando Márquez Cecilia y Paloma Poveda, "Transformación de 530 viviendas en Burdeos", *El Croquis* 177/178 (Madrid: 2015), 254.

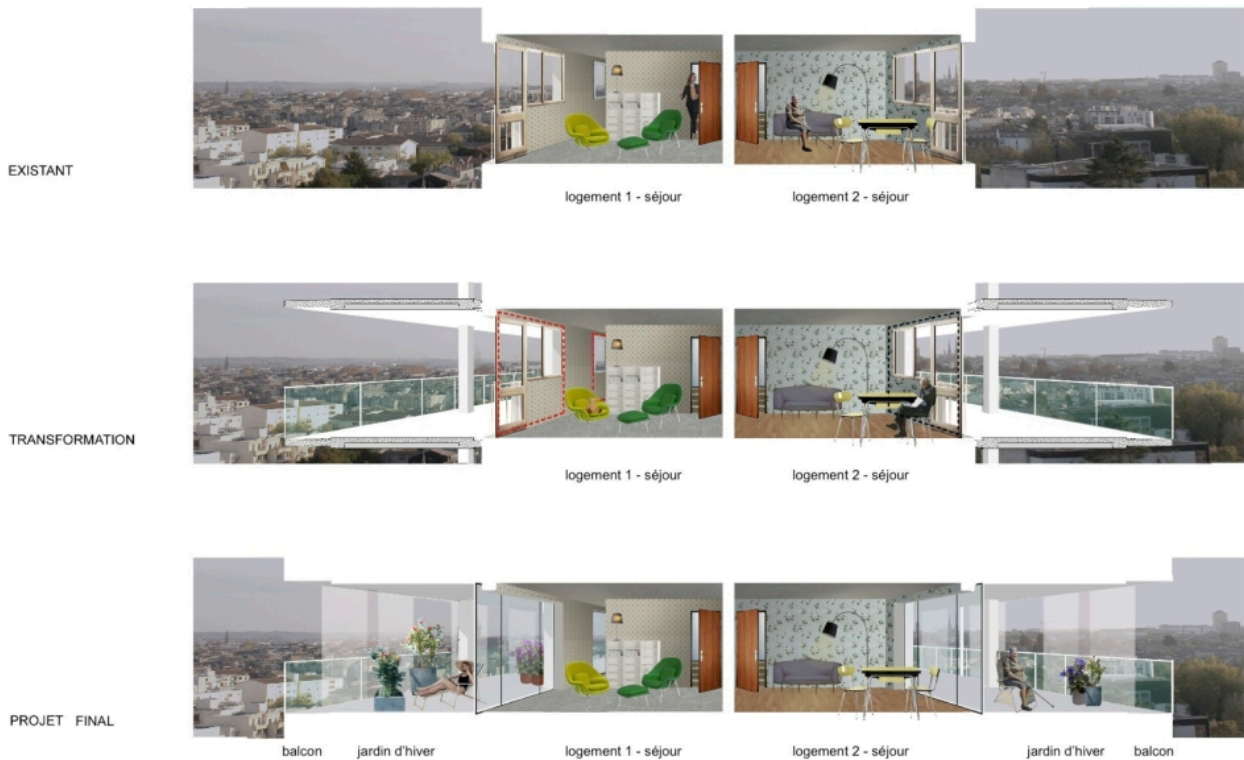


Figura 23. Comparación estado anterior-propuesta. 530 viviendas de Grand Parc

Elaboración: Frédéric Druot, Lacaton & Vassal, Hutin. Fuentes: web oficial Lacaton & Vassal

Metas proyectuales.

La postura de Lacaton & Vassal frente a la calidad del habitar en esta tipología de viviendas se basa en la espacialidad y la iluminación natural. Por ello, para este proyecto los elementos de jardines de invierno se amplían en mayor medida a comparación de la Torre Bois-Le-Petre. Los añadidos del proyecto se producen a través de terrazas invernadero de 3,80 metros de profundidad, lo que produce que cada vivienda aumente una media de en torno a 55 metros cuadrados. La superficie resultante llega a los 68.000 metros cuadrados, si se tiene en cuenta que la suma de la superficie construida original de los 3 edificios son 38.400 metros cuadrados, se está hablando que se ha ganado un 43,5% de espacio con una estrategia arquitectónica económica, sencilla en su puesta en obra, que otorga una segunda oportunidad a edificios con gran potencial y, sobretodo, que permiten desarrollar la ciudad contemporánea de una manera sostenible.

“Viviendas generosas, placenteras y con buen comportamiento energético, que renuevan las tipologías y las condiciones de vida, el confort y la satisfacción, y mejoran la imagen de los conjuntos residenciales urbanos.”²⁷

EXISTANT / Étage courant G

PROJET / Étage courant G / Extensions

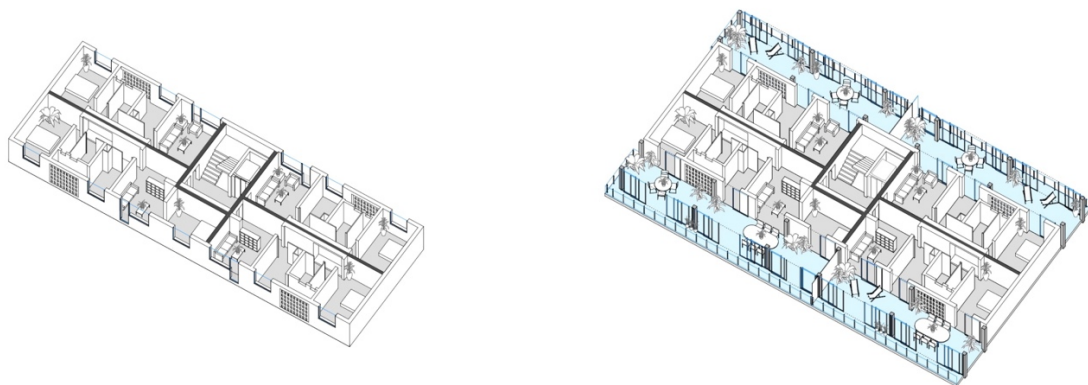


Figura 24. Estrategia de la terraza invernadero como protagonista. 530 viviendas de Grand Parc

Elaboración: Frédéric Druot, Lacaton & Vassal, Hutin. Fuentes: web oficial Lacaton & Vassal

²⁷ Fernando Márquez Cecilia y Paloma Poveda, “Transformación de 530 viviendas en Burgos”, El Croquis 177/178 (Madrid: 2015), 259.

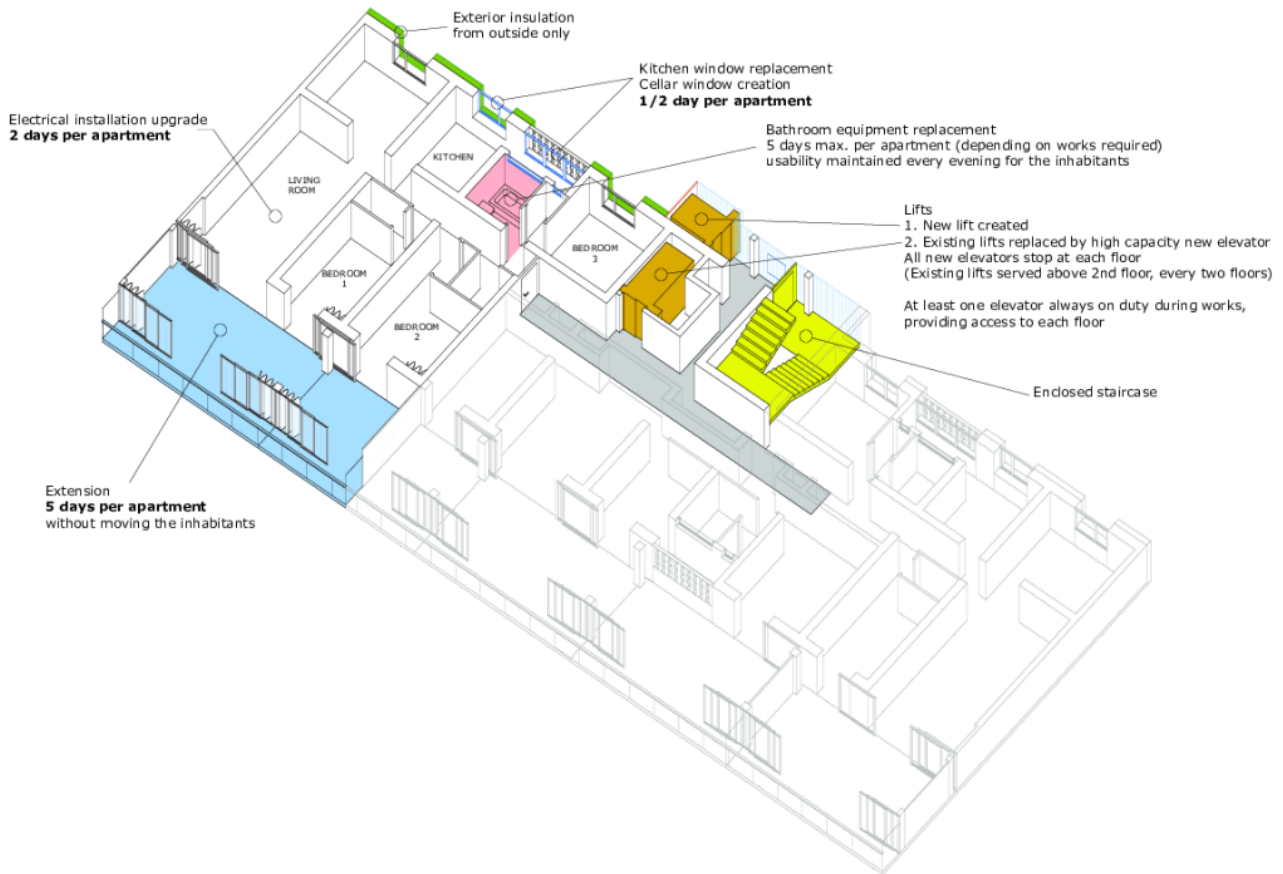


Figura 25. Diversas actuaciones de rehabilitación. 530 viviendas de Grand Parc

Elaboración: Frédéric Druot, Lacaton & Vassal, Hutin. Fuentes: web oficial Lacaton & Vassal

Estrategias constructivas.

Al igual que lo perseguido en la Torre Bois-Le-Petre, la rapidez y sencillez en el proceso constructivo es clave. Por ello, la modulación y el trabajo previo de fábrica son los protagonistas de esta labor. Con una estructura independiente en hormigón prefabricado las diferentes piezas de los jardines de invierno se van anclando unos con otros. En este caso, las carpinterías eran intercambiadas por otras de mayor calidad energética y de mayores dimensiones una vez que las terrazas estaban instaladas.

En los bloques G y H los añadidos solo se produjeron en sus fachadas Sur, debido a su orientación, Lacaton & Vassal concluyeron que la estrategia de los jardines de invierno no era necesaria ni efectiva energéticamente en una orientación Norte, si la vivienda ya contaba con ese espacio en el Sur. Pero eso no significa que no trataran el cerramiento completo del edificio ya que su concepto de la transformación engloba todas las áreas del proyecto.

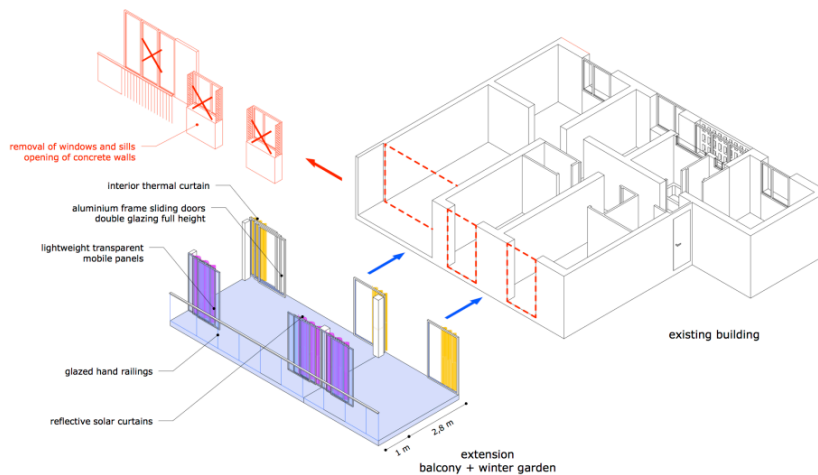


Figura 26. Esquematisación de las actuaciones constructivas. 530 viviendas de Grand Parc

Elaboración: Frédéric Druot, Lacaton & Vassal, Hutin. Fuentes: web oficial Lacaton & Vassal



Figura 27. Proceso constructivo mediante modulación e industrialización. 530 viviendas de Grand Parc
Elaboración Philippe Ruault. Fuentes: web oficial Lacaton & Vassal

Resultados.

Gracias al ahorro económico de la estrategia principal también se pudo invertir en otras intervenciones necesarias, como la distribución de los aseos en el interior, la remodelación de los núcleos de comunicación y la urbanización próxima de las zonas de acceso en planta baja.

Todo esto reafirma la voluntad de aumentar la calidad del habitar de los usuarios de unos edificios juzgados previamente de manera negativa como carentes de cualidades.

Además, Lacaton & Vassal dieron un paso más en la espacialidad de los jardines de invierno. Al dotarlo de esta profundidad (3,80 metros), su uso pasa de ser un mero añadido del salón o el dormitorio, a una zona más independiente en el hogar. La versatilidad de estas zonas interiores-exteriores, sumada a la variedad de usuarios que pueden llegar a habitarla tiene como resultado un abanico de resultados en un conjunto antes caracterizado por su homogeneidad.



Figura 28. Resultado, comparación entre el estado anterior y el actual. 530 viviendas de Grand Parc
Elaboración: Philippe Ruault. Fuentes: web oficial Lacaton & Vassal

TRANSFORMACIÓN DE LA TORRE LA CHESNAIE. SAINT-NAZAIRE, 2016.



Figura 29. Vista desde la calle. Torre La Chesnaie

Elaboración: Philippe Ruault. Fuentes: web oficial Lacaton & Vassal

La transformación de una de las torres de La Chesnaie es quizás uno de los más experimentales en cuanto al proceso de rehabilitación de vivienda colectiva. Ubicada en la ciudad de Saint-Nazaire, una ciudad reconstruida en la mitad del siglo XX debido a la 2ª guerra mundial, pertenece a un gran conjunto de viviendas en altura construidas en la década de los '70 en el gran desarrollo urbano del barrio La Chesnaie. La torre original poseía 40 viviendas, sin embargo, esta vez la ampliación de Lacaton & Vassal permitió gozar de un edificio complejo que duplicó el número, consiguiendo 80 viviendas.

Primeros acercamientos al proyecto.

En esta ocasión, la intención con el barrio de La Chesnaie era derribar y reedificar nuevos edificios para darle un aire nuevo al lugar y reemplazar la mala imagen que hoy por hoy generaban en los habitantes de Saint-Nazaire. Sin embargo, en 2006 el departamento de vivienda social de la ciudad se puso en contacto con Lacaton & Vassal para proponerles la posibilidad de considerar un camino diferente para la vivienda colectiva del barrio, y les permitió intervenir en la Torre nº3 de Rue des Ajoncs a modo de laboratorio para el estudio de la regeneración.

De esta manera, la búsqueda de una nueva solución para la transformación de estas viviendas se abrió hacia perspectivas más atrevidas y no tan convencionales como ya habían probado en casos anteriores.

“No estamos de acuerdo con este método. Pensamos que derribar es un error y que podemos hacerlo de manera diferente. Porque si miramos atentamente el barrio, de forma objetiva y desde su interior, se pueden ver cualidades y capacidades (...) y, en general, personas enraizadas en el lugar y apegadas a su barrio, pero molestas por su mala imagen.”²⁸

²⁸ Fernando Márquez Cecilia y Paloma Poveda, “Transformación de una torre de viviendas en La Chesnaie, Saint Nazaire”, El Croquis 177/178 (Madrid: 2015), 308.

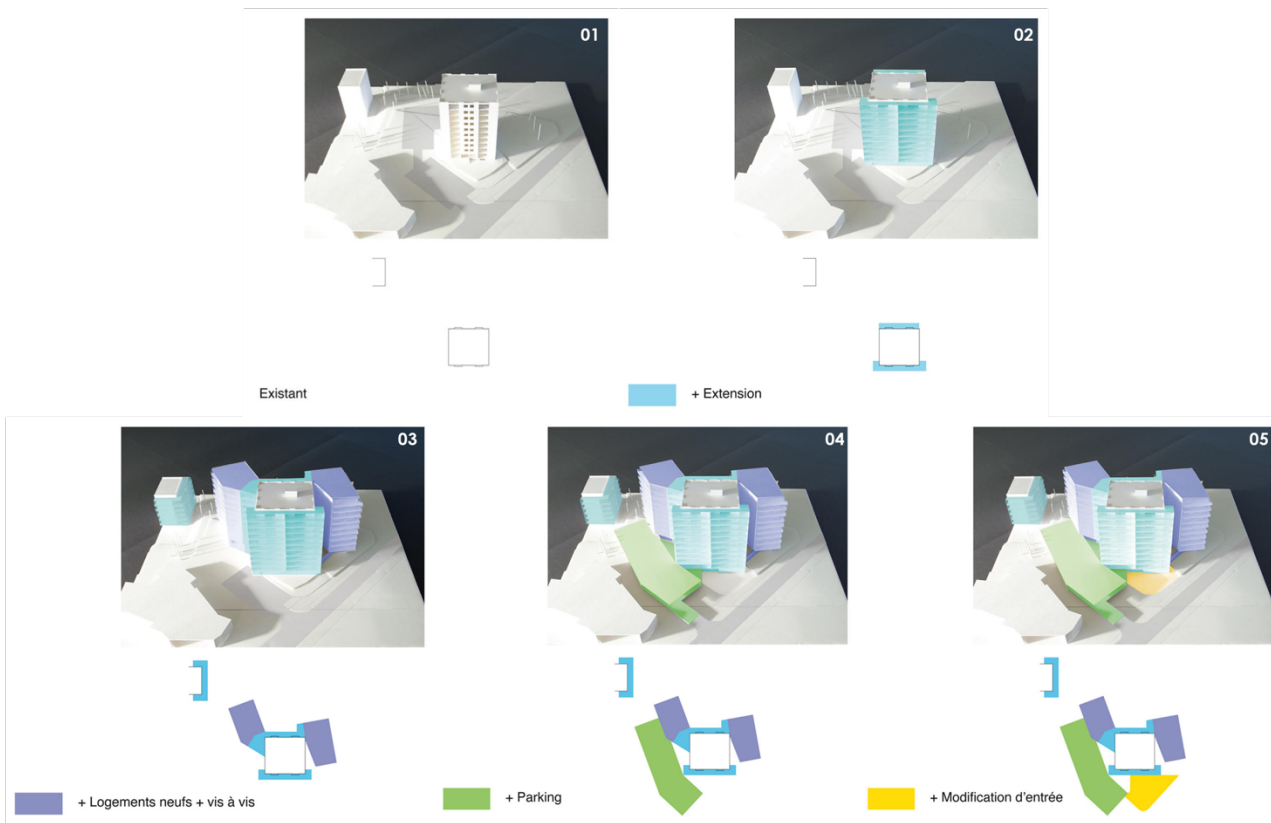


Figura 30. Proceso de adición de espacios de calidad. Torre La Chesnaie
Elaboración: Lacaton & Vassal. Fuentes: web oficial Lacaton & Vassal

Metas proyectuales.

La transformación de este edificio se puede ver como un proceso de mejoras desde el interior hacia el exterior. Lacaton & Vassal siempre buscan mejorar la calidad del habitar, y en esta ocasión no es distinto. Su objetivo inicial fue distribuir el interior consiguiendo los mejores espacios para cada uso, de esta manera trasladaron el baño principal a un espacio de dormitorio, lo que obligó a reubicar este dormitorio fuera de los límites originales del edificio. Esta acción casó a la perfección con el añadido del jardín de invierno nueva zona de paso y acceso al dormitorio que se ubicaría en la estructura secundaria de la torre.



Figura 31. Proceso proyectual de la transformación. Torre La Chesnaie
Elaboración: Philippe Ruault. Fuentes: web oficial Lacaton & Vassal

Pero lo que convierte este proyecto en el más singular del trabajo en vivienda colectiva es que el hecho de ubicar el dormitorio en la estructura que, hasta ahora solo albergaba los jardines de invierno, motivó a Lacaton & Vassal a dar un paso más. Dada la dificultad de encontrar otras parcelas libres para construir nuevas viviendas se lleva a cabo la idea de injertar una estructura adyacente a la torre original y que ubique 40 nuevas viviendas, ampliando el edificio de una manera que hasta ahora no se había visto en la obra de Lacaton & Vassal.

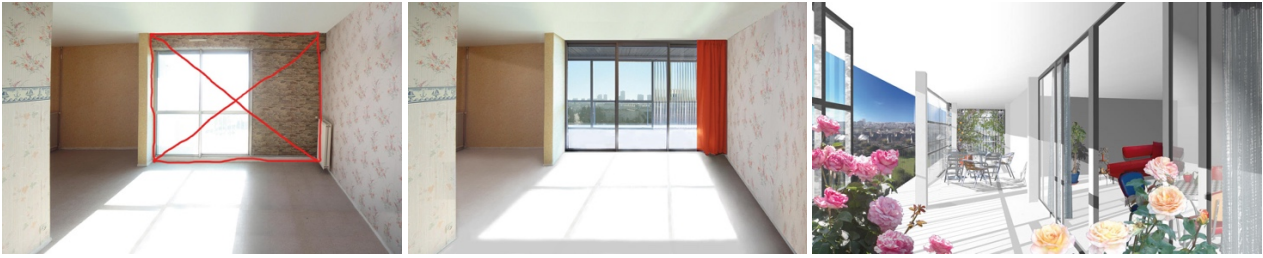


Figura 32. Transformación de la vivienda. Torre La Chesnaie

Elaboración: Lacaton & Vassal. Fuentes: web oficial Lacaton & Vassal

Estrategias constructivas.

La razón por la que la redistribución interior permite tan poco movimiento de muros y aberturas es que la estructura de este edificio se compone de grandes muros pantalla de hormigón. Por ello, la intervención en las particiones interiores y los grandes huecos en fachada se limitan mucho más que otros proyectos. Aun así, Lacaton & Vassal lo complementan muy bien con una estructura ligera que envuelve a la torre de hormigón. Una estructura más compleja que las vistas anteriormente, pero que sigue cumpliendo con los valores que tanto defienden: rapidez, sencillez y economía.

De esta forma, se puede observar ese contraste entre la caja de hormigón original y los volúmenes de vidrio nuevos. Los jardines de invierno, con su característica esencia modular y prefabricada, rodea todo el volumen complejo resultante, solo cambia su profundidad entre la fachada Sur (donde es más profundo) y la fachada Norte, optimizando de esta manera su funcionamiento energético.

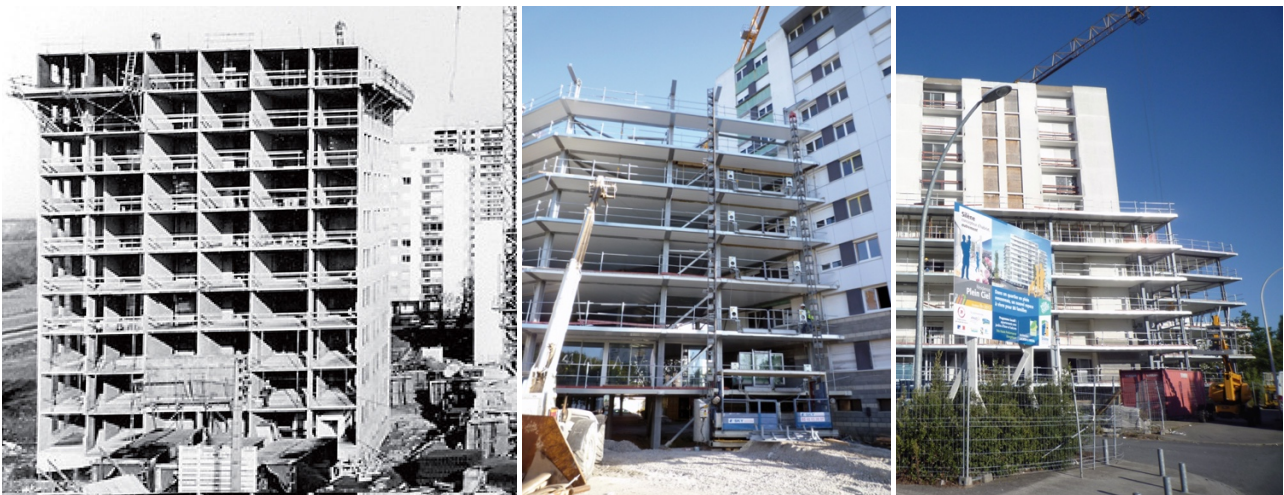


Figura 33. Comparación de la estructura original con los añadidos de estructura de acero. Torre La Chesnaie

Elaboración: Lacaton & Vassal, Philippe Ruault. Fuentes: web oficial Lacaton & Vassal

Resultados.

Con este proyecto Lacaton & Vassal han conseguido demostrar que su modelo de transformación de viviendas colectivas tiene la capacidad de adaptarse en varias circunstancias, creciendo y evolucionando para conseguir sus objetivos de maneras cada vez más eficientes. La voluntad del Ayuntamiento ha quedado más que satisfecha, debido al ahorro económico de la rehabilitación, frente al derribo y nueva construcción, se pudo financiar el doble de viviendas de calidad generando un edificio atractivo y contemporáneo, energéticamente eficiente y sostenible.

*"El incremento en el número de habitantes y la significativa mejora de los apartamentos existentes conllevará la instalación de nuevos servicios, equipamientos y tiendas. (...) El ahorro obtenido por esta transformación permite la financiación de la mayor parte de los nuevos apartamentos. Esperamos que este proyecto demuestre que la demolición de las cuatro torres puede ser evitada en beneficio de su transformación."*²⁹

²⁹ Fernando Márquez Cecilia y Paloma Poveda, "Transformación de una torre de viviendas en La Chesnaie, Saint Nazaire", El Croquis 177/178 (Madrid: 2015), 312.



Figura 34. Resultado, variedad de espacios y aprovechamiento del potencial del lugar. Torre La Chesnaie

Elaboración: Philippe Ruault. Fuentes: web oficial Lacaton & Vassal

Conclusiones.

Con estos ejemplos se puede observar como las ideas planteadas por Lacaton & Vassal y recopiladas en su estudio PLUS, han pasado del papel a la realidad. Todos los valores que forman la base de su trabajo, economía, generosidad y sostenibilidad, se hallan presentes en las diferentes transformaciones de vivienda colectiva que se han descrito con anterioridad.

Todas las intervenciones han presentado un ahorro económico en contraposición de una postura de *tábula rasa*. Incluso, poder ajustar los presupuestos de esa manera, ha permitido llevar el proyecto más allá de lo que se pedía por parte del cliente.

De esta manera, siempre se ha buscado ser generoso dando más espacio, más calidad, más luz y siempre a costa de lo mínimo. Los usuarios siempre mostraban la intención de mantener lo que tenían, pero mejorando sus condiciones. Por ello, Lacaton & Vassal han sabido superar las demandas de los inquilinos llegando incluso a duplicar, en algunos casos, el espacio de la vivienda original.

Sin embargo, aunque el aspecto energético también ha sido objeto de estudio y de interés a la hora de generar sus objetivos, no es un parámetro que muestre unos resultados comparativos sin un análisis más exhaustivo. Los valores de ahorro económico y de ganancia de espacio son parámetros fácilmente reconocibles de forma más inmediata. Pero el ahorro energético requiere de un estudio específico para poder comparar paramétricamente el estado original y el alcance de la mejora energética.

Por este motivo, en los siguientes apartados se estudiará una estrategia similar a los jardines de invierno, implementadas en dos viviendas de Zaragoza. Gracias a esto también se podrá ver el comportamiento de las terrazas invernadero como estrategia de rehabilitación energética en ámbitos más cercanos al territorio propio.

Es evidente que es necesario poder evaluar y comparar el alcance de estas medidas frente al estado original de estos edificios de vivienda colectiva para poder concluir si las terrazas invernadero son estrategias apropiadas para la rehabilitación energética del parque residencial en Zaragoza.

PARTE 4.

ESTUDIO DEL PARQUE RESIDENCIAL DE ZARAGOZA

PARTE 4. ESTUDIO DEL PARQUE RESIDENCIAL DE ZARAGOZA

4.1 Necesidad de rehabilitar el parque residencial de Zaragoza.

En las primeras partes del trabajo se llegó a la conclusión de la necesidad de regenerar el tejido urbano de una manera más eficiente energéticamente. En este sentido, como arquitectos, se puede tomar un camino hacia el desarrollo sostenible de las ciudades contemporáneas españolas.

La Unión Europea ha decidido tomar el rumbo de rebajar al máximo sus emisiones de GEI y, según los estudios de la Comisión Europea 2017, éstas pueden rebajarse un 90% en cuanto a lo emitido por edificios residenciales y de oficinas con tres acciones fundamentales:³⁰

- La aplicación de tecnologías de vivienda pasiva en las nuevas construcciones.
- La rehabilitación de edificios antiguos para mejorar su eficiencia energética.
- La sustitución de los combustibles fósiles por la electricidad y las energías renovables para usos de calefacción, climatización y preparación de alimentos.

Por este motivo, se presentó el documento ERESEE en el año 2014, con posteriores actualizaciones en 2017 y 2020, por parte de la administración española. Esta estrategia nacional, que se ha visto con antelación, presenta una serie de pautas y recomendaciones para conseguir llegar a las metas que la Unión Europea, e incluso la ONU, quieren alcanzar.

Sin embargo, la definición de esta estrategia nacional no es suficiente, es necesario que pueda llegar a niveles autonómicos y locales,³¹ para que las administraciones y agentes responsables tengan las herramientas y capacidades para trazar una hoja de ruta que alcance los objetivos que se van lanzando desde los organismos superiores.

Para ello, la Universidad de Zaragoza, financiada por el Ministerio de Economía y Competitividad, realizó el proyecto de investigación denominado "*Protocolo de Diseño Integrado para la Rehabilitación de la Vivienda Social y Regeneración Urbana (EcoREGEN)*" y cuyas conclusiones son recogidas en el libro "*Nuevos enfoques en la rehabilitación energética de la vivienda hacia la convergencia europea*".

En este documento, a través de una introducción histórica sobre la situación actual y el recorrido de la rehabilitación energética en el territorio, se estudia una serie de casos de vivienda social para finalizar con unas propuestas, ahora sí, concretamente para los nuevos enfoques de la rehabilitación energética de la vivienda colectiva en Zaragoza.

Uno de los puntos más interesantes para este trabajo en concreto es el desarrollo de indicadores de obsolescencia física más precisos para la definición de estrategias de rehabilitación de vivienda social.³²

En él se establecen 3 categorías diferentes de indicadores:³³

- Vulnerabilidad física por falta de eficiencia energética
- Vulnerabilidad física por ruido exterior
- Vulnerabilidad física por falta de accesibilidad

Por el carácter y objetivo de este trabajo la primera categoría es la que resulta más interesante a desarrollar. Y es en ésta donde se nos indica que uno de los indicadores más notables a la hora de tomar decisiones sobre la rehabilitación energética de un edificio es la demanda energética global de climatización,³⁴ la cual depende en exclusiva de los elementos arquitectónicos, y por tanto en gran medida del cerramiento que presente el edificio en cuestión.

Esta conclusión resulta muy interesante y encamina la propuesta de la terraza invernadero como posible solución a la demanda energética excesiva por parte de los edificios que necesiten ser rehabilitados. Esta estrategia arquitectónica presentaría una notable mejora energética de manera 100% pasiva para mitigar la transferencia de calor hacia el exterior y, a la vez, ser un buen captador de energía calorífica solar.

El siguiente paso es analizar su comportamiento en casos concretos de vivienda colectiva en Zaragoza, para comparar sus resultados y concluir su viabilidad, o no, como medida de rehabilitación energética.

³⁰ Belinda López-Mesa, "Hacia un protocolo de rehabilitación energética", en *Nuevos enfoques en la rehabilitación energética de la vivienda hacia la convergencia europea* (Zaragoza: Prensas de la Universidad de Zaragoza, 2018), 321-322.

³¹ Belinda López-Mesa, "Hacia un protocolo de rehabilitación energética", en *Nuevos enfoques en la rehabilitación energética de la vivienda hacia la convergencia europea* (Zaragoza: Prensas de la Universidad de Zaragoza, 2018), 322.

³² Belinda López-Mesa y Marta Monzón-Chavarrías, "El desarrollo de indicadores de obsolescencia física más precisos para la definición de estrategias de rehabilitación de vivienda social", en *Nuevos enfoques en la rehabilitación energética de la vivienda hacia la convergencia europea* (Zaragoza: Prensas de la Universidad de Zaragoza, 2018), 243-255.

³³ Belinda López-Mesa y Marta Monzón-Chavarrías, "El desarrollo de indicadores de obsolescencia física más precisos para la definición de estrategias de rehabilitación de vivienda social", en *Nuevos enfoques en la rehabilitación energética de la vivienda hacia la convergencia europea* (Zaragoza: Prensas de la Universidad de Zaragoza, 2018), 249.

³⁴ Belinda López-Mesa y Marta Monzón-Chavarrías, "El desarrollo de indicadores de obsolescencia física más precisos para la definición de estrategias de rehabilitación de vivienda social", en *Nuevos enfoques en la rehabilitación energética de la vivienda hacia la convergencia europea* (Zaragoza: Prensas de la Universidad de Zaragoza, 2018), 251.

4.2 Estudio energético de una vivienda en el barrio de Valdespartera. ¿Funciona la terraza invernadero en Zaragoza?

Para conseguir el objetivo de este trabajo se ha hallado dos casos reales de estudio en la misma ciudad de Zaragoza con el potencial para reflejar, mediante su comparación, la viabilidad de la terraza invernadero como estrategia de rehabilitación energética.

Por una parte, una vivienda social ubicada en el barrio de Valdespartera, concretamente en la calle Veracruz nº10, por esta razón de ahora en adelante se referirá a ella como **VERACRUZ**. Este bloque de viviendas posee terrazas invernadero en gran parte de su fachada sur. Este elemento ha sido implementado desde la fase proyectual y no como una estrategia de rehabilitación.

Por otro lado, una vivienda particular en un bloque en el barrio de San José, ubicado en la calle Desideria Giménez nº4, denominado en el resto del trabajo como **DESIDERIA**. Este edificio no posee en ninguna de sus fachadas terrazas invernadero, y en cuanto a eficiencia energética se refiere, es bastante deficiente.

Ambas viviendas presentan aspectos comunes que permiten su comparación en valores energéticos:

- Poseen la misma orientación, su principal fachada está predominantemente a sur.
- Los usuarios tienen un estilo de vida similar, comprobado por la entrevista inicial hecha a cada familia.
- Aunque entre ellas haya una distancia de tiempo de 40 años, ambas son anteriores al CTE.

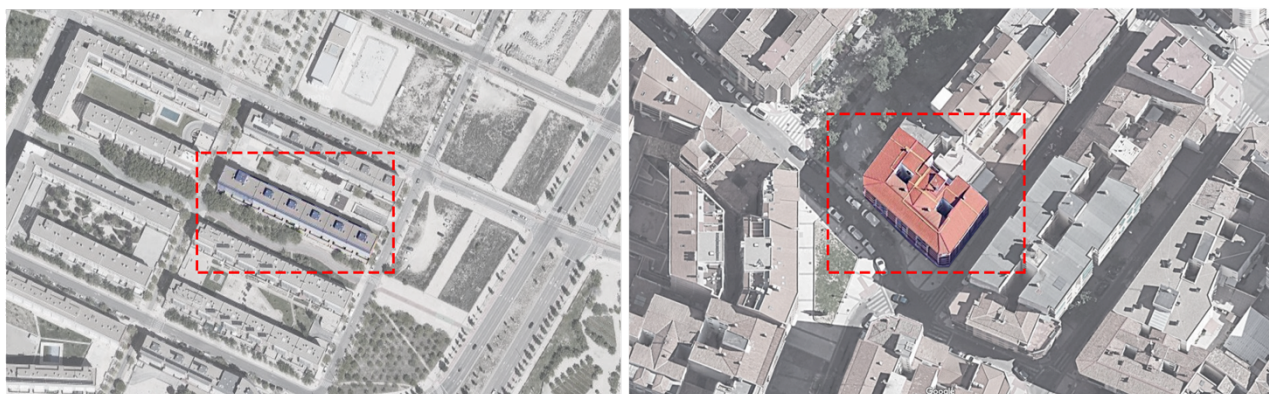


Figura 35. Comparación de la situación frente a la misma orientación. Veracruz (izq.) y Desideria (der.)

Elaboración: propia. Fuentes: Google Maps

Descripción general de la vivienda de Veracruz.

Como se ha comentado anteriormente se trata de una vivienda ubicada en un bloque, de altura *baja* + 5, residencial de vivienda social VPO (Vivienda de Protección Oficial). La tipología del edificio es de bloque longitudinal, con viviendas de doble orientación, 2 viviendas por núcleo de comunicación para dar un total de 60 apartamentos.

El proyecto está visado en el año 2006, por lo que aún no debía cumplir la normativa del código técnico de la edificación (CTE), ya que se encontraba en vigor la Norma Básica de Edificación – Condiciones Térmicas de 1979 (NBE-CT79). Sin embargo, ya se ve una intención clara en la preocupación por la eficiencia térmica, debido a un plan parcial redactado durante esos años, no solo por la incorporación de la terraza invernadero, sino por otras cuestiones. El sistema de climatización central, el buen aislamiento de los cerramientos o la posibilidad de instalación de captadores solares en la cubierta (como se puede observar en el proyecto original) son algunos de los indicadores que muestran una intención más sostenible en su concepción.



Figura 36. Fotografías exteriores

Elaboración: Daniel Arbizu y Noelia Fortuño.

Geometría y distribución interior.

La vivienda a estudiar está compuesta por 3 habitaciones, 2 baños, cocina y salón-comedor. En total, 77,50 metros cuadrados útiles con doble orientación norte-sur. Los núcleos húmedos se ubican en el centro de la vivienda para otorgar a todos los espacios principales iluminación natural. En la fachada norte solo se aprecian unos pequeños tendederos ubicados en las zonas de las cocinas, en cambio la fachada sur está protagonizada por unos forjados continuos que contienen las terrazas.

Cada vivienda goza de 9,26 metros cuadrados de terraza, de los cuales, 6,20 metros cuadrados están cerrados mediante vidrios transparentes y translucidos. Estas terrazas invernadero tienen aproximadamente 1,14 metros de profundidad, y solo se encuentran en la fachada sur, para maximizar su uso energético.

En cuanto a cotas verticales, toda la vivienda cuenta con la misma altura libre: 2,55 metros.

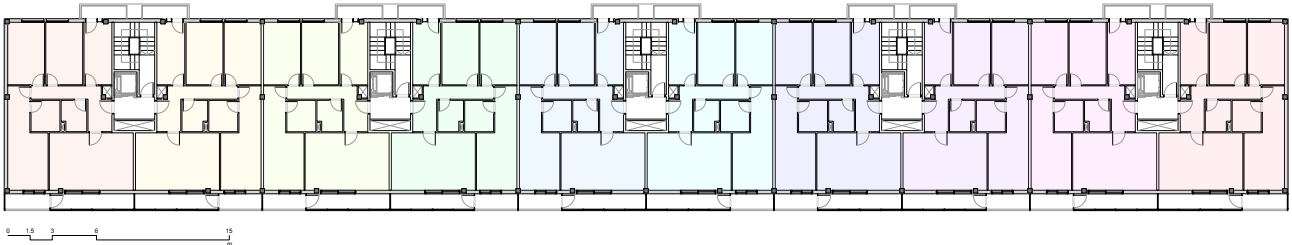


Figura 37. Planta tipo y distribución de viviendas

Elaboración: propia. Fuentes: proyecto visado, 2006

El bloque presenta 10 viviendas por planta, cada vivienda con doble orientación y terraza invernadero en su lado Sur. Nuestro caso de estudio es la 5ª vivienda empezando por la izquierda por lo que tiene vecinos a cada lado.

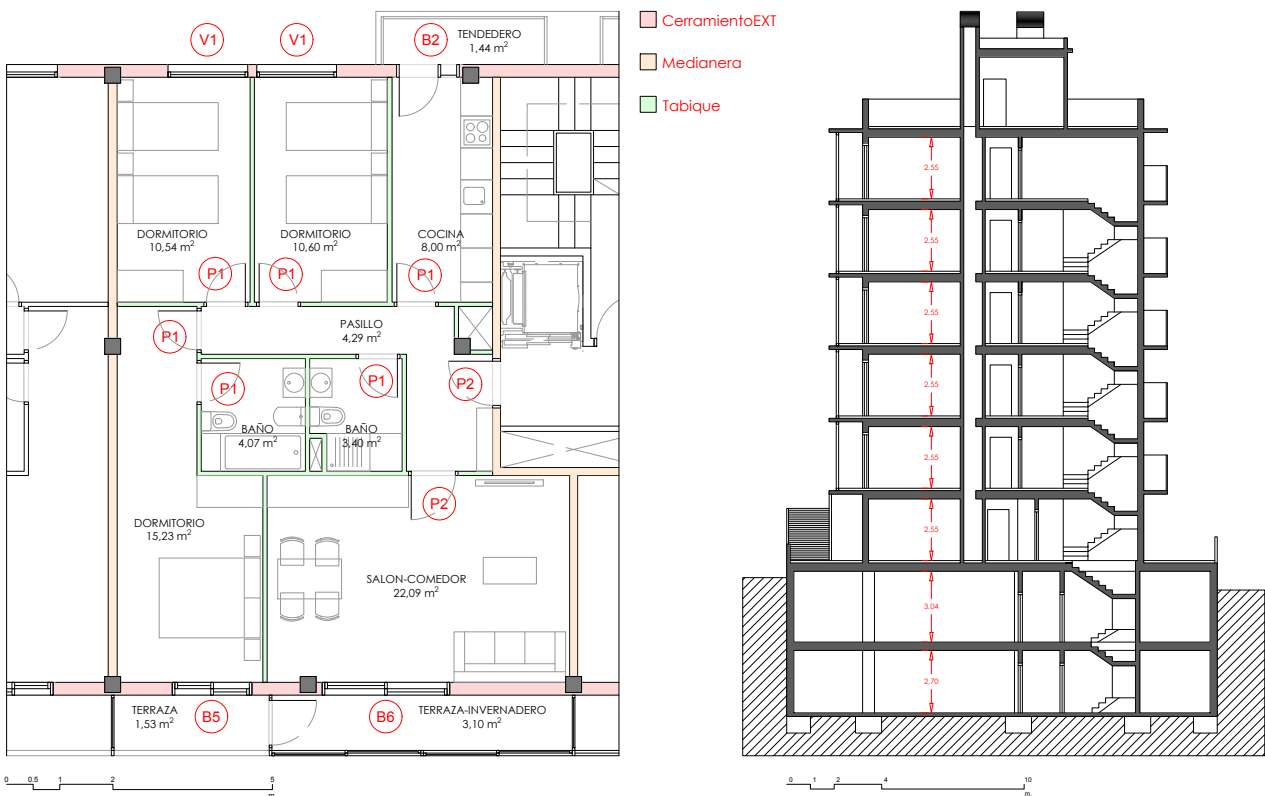


Figura 38. Planta de la vivienda de estudio y sección del edificio

Elaboración: propia. Fuentes: proyecto visado, 2006

Todas las viviendas poseen la misma altura libre, 2,55 m. Además de presentar la misma distribución interior. La terraza invernadero no cubre la totalidad de la fachada sur, dejando libre 1,53 m²

Aspecto constructivo.

Gracias al proyecto original visado se puede saber las soluciones constructivas que permitirán realizar un estudio más exacto de la vivienda.

La estructura está compuesta por una serie de pilares de hormigón de sección variable que generan 3 pórticos de jácenas planas que reciben los forjados unidireccionales de vigueta y bovedilla de hormigón.

En cuanto a los cerramientos opacos, se trata de un muro de 24 centímetros compuesto por fábrica de ladrillo caravista, aislamiento de panel de fibra y ladrillo hueco sencillo para el interior.

Las carpinterías, aunque varían en su posición y dimensión, la mayoría se componen de vidrios dobles con cámara, persianas monoblock y marcos de aluminio con acabado lacado.

Para las terrazas invernadero su composición es sencilla: una serie de forjado dependientes de la estructura principal, estas losas tienen un canto menor al forjado unidireccional. Su cerramiento está compuesto por montantes de acero donde se colocan las carpinterías de aluminio.

Estos materiales, aunque hoy en día serían insuficientes para cumplir la normativa, están pensados para dotar al usuario de un confort térmico adecuado a sus circunstancias siendo consciente de la importancia de la envolvente térmica del proyecto.

Todas estas soluciones constructivas, y sus respectivas transmitancias térmicas, se especificarán más adelante con las fichas propias del programa informático.

Experiencia de los usuarios.

A la hora de abordar el proyecto y la oportunidad de poder contar con casos reales de estudio se concertó una reunión con los usuarios de cada apartamento. El objetivo era conseguir sus impresiones reales sobre el lugar donde residían, conocer sus hábitos energéticos y su estado de conformidad con su situación actual.

Para ello, se elaboró un cuestionario general con preguntas idénticas para los usuarios de Veracruz y de Desideria.

A continuación, se redacta las conclusiones más significativas y relevantes para la vivienda de Veracruz, aun así, el documento completo se adjunta en el Anexo 03.

La familia residente de Veracruz está compuesta por un matrimonio joven y su hija de 2 años. Su estancia en la casa es relativa ya que dependen de un horario laboral que varía según la semana. Suelen estar por las tardes, por lo que la vivienda está vacía en el horario de las mañanas.

Su confort térmico es bastante elevado, manifiestan que en gran parte del invierno no es necesario ningún tipo de sistema de climatización, aunque han expuesto que en la habitación de la hija (una de las que están orientadas a norte) han puesto un aparato eléctrico de calefacción para poder disponer de él en momentos muy concretos. La habitación y el salón, espacios orientados al sur con el invernadero, son los que mejor ambiente tienen en invierno, convirtiéndose en lugares muy agradables.

La vivienda está bien iluminada y ventilada, suelen ser muy precisos a la hora de ventilar la vivienda.

En verano, en cambio, las zonas adyacentes al invernadero son las que más sufren el exceso de calor, ya que comentan que es necesario cerrar las persianas y cortinas al máximo, a la vez que disponen del ventilador en el techo. Sin embargo, cuando se les preguntó por el funcionamiento que hacían del invernadero en verano, se descubrió que lo siguen manteniendo cerrado pensando que es la mejor opción para evitar el calor exterior.



Figura 39. Fotografías interiores. Salón-comedor

Elaboración: Daniel Arbizu y Noelia Fortuño.



Figura 40. Fotografías interiores. Dormitorio principal

Elaboración: Daniel Arbizu y Noelia Fortuño.



Figura 41. Fotografías interiores. Terraza invernadero

Elaboración: Daniel Arbizu y Noelia Fortuño.

Recreación del edificio en el programa CYPETherm.

Debido a los planos recuperados del proyecto original, así como el apoyo de fotografías del lugar, es posible recrear el edificio y la vivienda en concreto para su estudio energético en CYPETherm.

El programa CYPETherm permite, mediante un modelo BIM o IFC, asignar características constructivas y propiedades térmicas a las diferentes soluciones diseñadas. Además, permite un diseño del edificio en todos sus aspectos energéticos: asignación de zonas térmicas (habitable, no habitable), agrupación de viviendas para su estudio energético, asignación de las instalaciones de climatización, entre otras funciones. Consiguiendo un estudio completo del edificio en su apartado energético, verificación de la normativa e incluso certificación energética.

Por ello, para modelar y analizar nuestros casos en dicho programa se debe seguir una serie de pasos:

Se redibuja la planta en AutoCAD a partir de los planos originales en PDF, poniendo énfasis en las particiones y cerramientos con su grosor, las dimensiones y colocación de las carpinterías y las superficies de los espacios.

Una vez conseguida la planta base, mediante el programa informático IFC Builder se empieza a elaborar un modelo en BIM, pudiendo levantar el edificio en 3D y asignando a cada elemento sus propiedades arquitectónicas (muros exteriores, particiones interiores, etc.). De esta manera, se asigna también, el número de viviendas, la orientación del edificio, la zona climática y las zonas comunes.

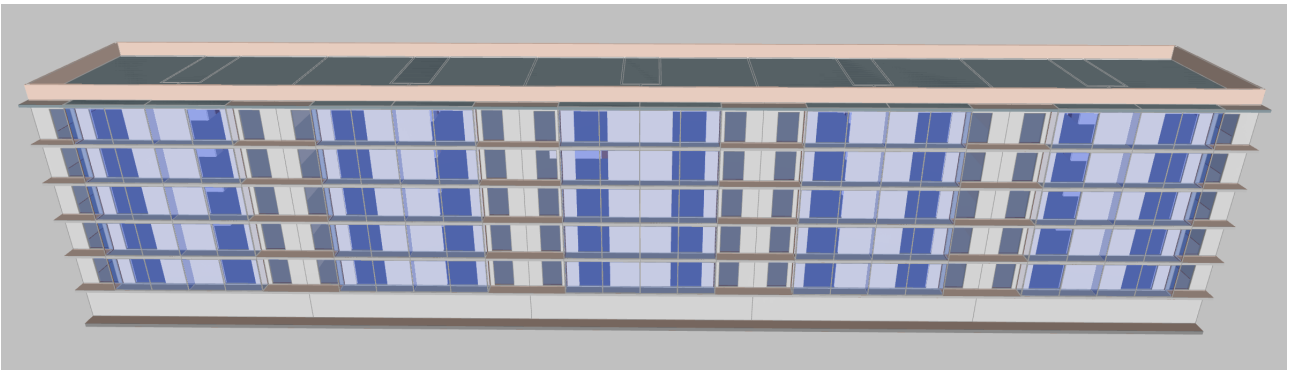


Figura 42. Modelo IFC en CYPETherm. Alzado Sur. Vivienda Veracruz

Elaboración: propia. Fuentes: CYPETHERM PLUS



Figura 43. Modelo IFC en CYPETherm. Alzado Norte. Vivienda Veracruz

Elaboración: propia. Fuentes: CYPETHERM PLUS

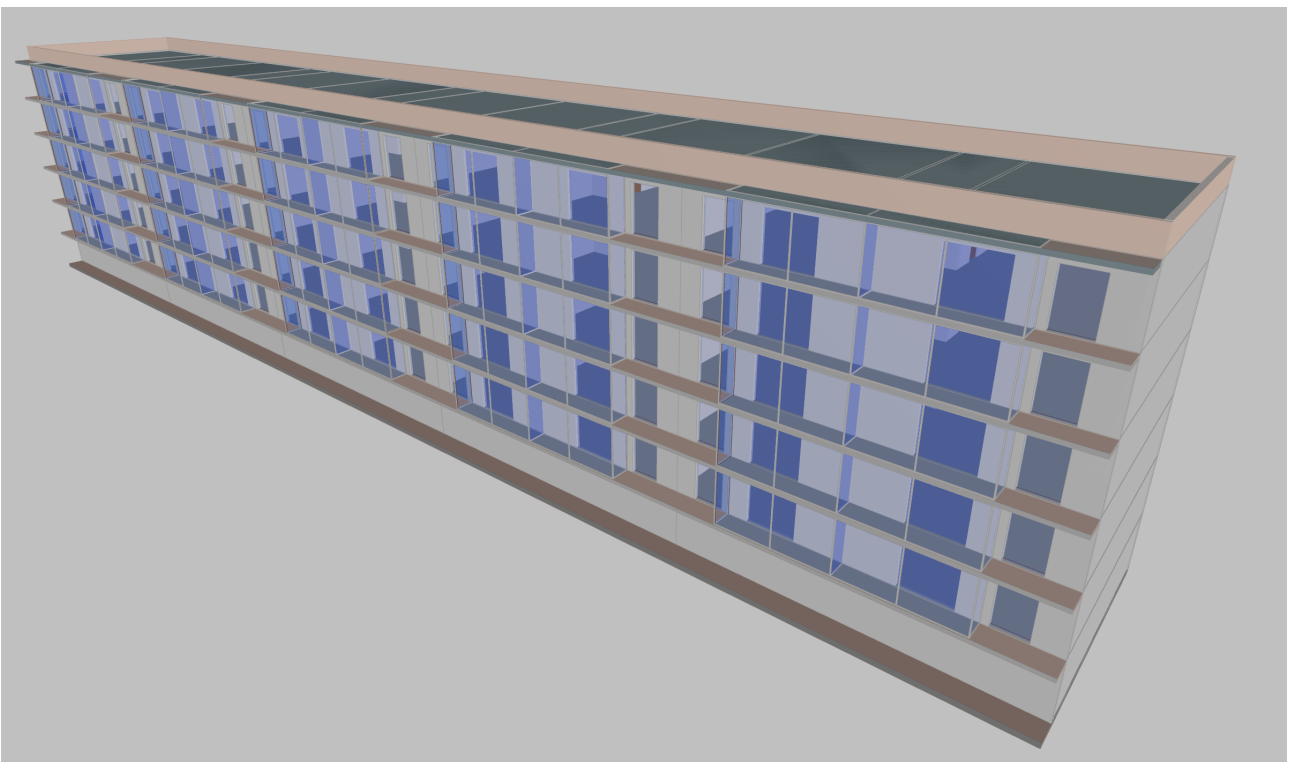


Figura 44. Modelo IFC en CYPETherm. Perspectiva. Vivienda Veracruz

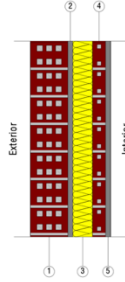
Elaboración: propia. Fuentes: CYPETHERM PLUS

Obtenido el modelo IFC del edificio, se puede importar al programa CYPETherm para empezar su correspondiente estudio energético. El primer paso es dotar a cada elemento, previamente nombrado y clasificado, con su correspondiente solución constructiva.

CerramientoEXT

Superficie total 1729.33 m²

CerramientoEXT



Listado de capas:

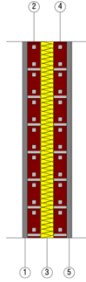
1 - 1/2 pie LM métrico o catalán 40 mm < G < 50 mm	11.50 cm
2 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000 < d < 1250	1.50 cm
3 - MW Lana mineral [0.031 W/[mK]]	6.00 cm
4 - Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor < 60 mm]	4.00 cm
5 - Yeso dureza media 600 < d < 900	1.50 cm

Características Transmitancia térmica, U: 0.42 W/(m²·K)
Espesor total 24.50 cm

Medianera entre VIV

Superficie total 2159.21 m²

Medianera entre VIV



Listado de capas:

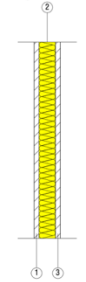
1 - Yeso dureza media 600 < d < 900	1.50 cm
2 - Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor < 60 mm]	4.00 cm
3 - MW Lana mineral [0.031 W/[mK]]	4.00 cm
4 - Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor < 60 mm]	4.00 cm
5 - Yeso dureza media 600 < d < 900	1.50 cm

Características Transmitancia térmica, U: 0.56 W/(m²·K)
Espesor total 15.00 cm

Tabiques dentro VIV

Superficie total 79.62 m²

Tabiques dentro VIV



Listado de capas:

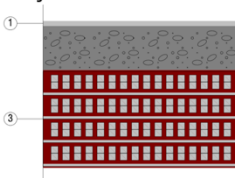
1 - Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	1.50 cm
2 - MW Lana mineral [0.031 W/[mK]]	5.00 cm
3 - Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	1.50 cm

Características Transmitancia térmica, U: 0.50 W/(m²·K)
Espesor total 8.00 cm

Forjado entre VIV

Superficie total 4802.57 m²

Forjado entre VIV



Listado de capas:

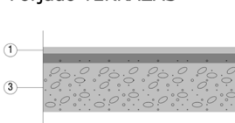
1 - Gres calcáreo 2000 < d < 2700	1.50 cm
2 - Mortero de áridos ligeros [vermiculita perlita]	13.50 cm
3 - FU Entrevigado de hormigón aligerado -Canto 300 mm	30.00 cm

Características Transmitancia térmica, U: 1.24 W/(m²·K)
Espesor total 45.00 cm

Forjado TERRAZAS

Superficie total 293.13 m²

Forjado TERRAZAS



Listado de capas:

1 - Gres calcáreo 2000 < d < 2700	2.00 cm
2 - Mortero de áridos ligeros [vermiculita perlita]	3.00 cm
3 - Hormigón armado d > 2500	15.00 cm

Características Transmitancia térmica, U: 2.91 W/(m²·K)
Espesor total 20.00 cm

P1 (70-75)	
P1 (70-75)	
Características	Transmitancia térmica, U: 3.43 W/(m ² ·K) Absortividad, α _s : 0.600 (color intermedio)
P2 (70-75)	
P2 (70-75)	
Características	Transmitancia térmica, U: 3.43 W/(m ² ·K) Absortividad, α _s : 0.600 (color intermedio)
B4	
B4	
Características	Transmitancia térmica, U: 3.44 W/(m ² ·K) Factor solar, g: 0.760 Fracción opaca, Ff: 0.200 Transmitancia total de energía solar del hueco, con los dispositivos de sombra móviles activados, g _{gl;sh,wi} : 0.08
B5	
B5	
Características	Transmitancia térmica, U: 3.44 W/(m ² ·K) Factor solar, g: 0.760 Fracción opaca, Ff: 0.200 Transmitancia total de energía solar del hueco, con los dispositivos de sombra móviles activados, g _{gl;sh,wi} : 0.08
V1	
V1	
Características	Transmitancia térmica, U: 3.44 W/(m ² ·K) Factor solar, g: 0.760 Fracción opaca, Ff: 0.200 Transmitancia total de energía solar del hueco, con los dispositivos de sombra móviles activados, g _{gl;sh,wi} : 0.08
B2	
B2	
Características	Transmitancia térmica, U: 3.44 W/(m ² ·K) Factor solar, g: 0.760 Fracción opaca, Ff: 0.200 Transmitancia total de energía solar del hueco, con los dispositivos de sombra móviles activados, g _{gl;sh,wi} : 0.08
INV. 2	
INV. 2	
Características	Transmitancia térmica, U: 3.37 W/(m ² ·K) Factor solar, g: 0.760 Fracción opaca, Ff: 0.100 Transmitancia total de energía solar del hueco, con los dispositivos de sombra móviles activados, g _{gl;sh,wi} : 0.56
INV. 1	
INV. 1	
Características	Transmitancia térmica, U: 3.44 W/(m ² ·K) Factor solar, g: 0.760 Fracción opaca, Ff: 0.200 Transmitancia total de energía solar del hueco, con los dispositivos de sombra móviles activados, g _{gl;sh,wi} : 0.56

Figura 45. Soluciones constructivas de la simulación de la vivienda Veracruz

Elaboración: propia. Fuentes: proyecto visado, 2006

Para caracterizar los puentes térmicos existentes, el propio programa permite una opción de simplificación basado en la propia geometría de los elementos constructivos y de sus soluciones constructivas. De esta manera se ha podido calcular estos puntos concretos de manera automática. (Se adjunta el informe completo en el Anexo 01)

Una vez dotado a cada elemento y parte de su identidad constructiva, hay que caracterizar cada espacio. Se distingue entre las zonas habitadas y no habitadas, incluso entre las que pueden estar climatizadas o no.

De esta manera se agrupa el edificio en diferentes zonas de estudio para que una vez que el programa realice los cálculos pueda distinguir entre uno y otro. En este caso, la zona que interesa para el objeto del estudio es la que se ha denominado VIVIENDA ESTUDIO, y comprende todos los espacios interiores pertenecientes a la propiedad de los usuarios, salvo la terraza invernadero.

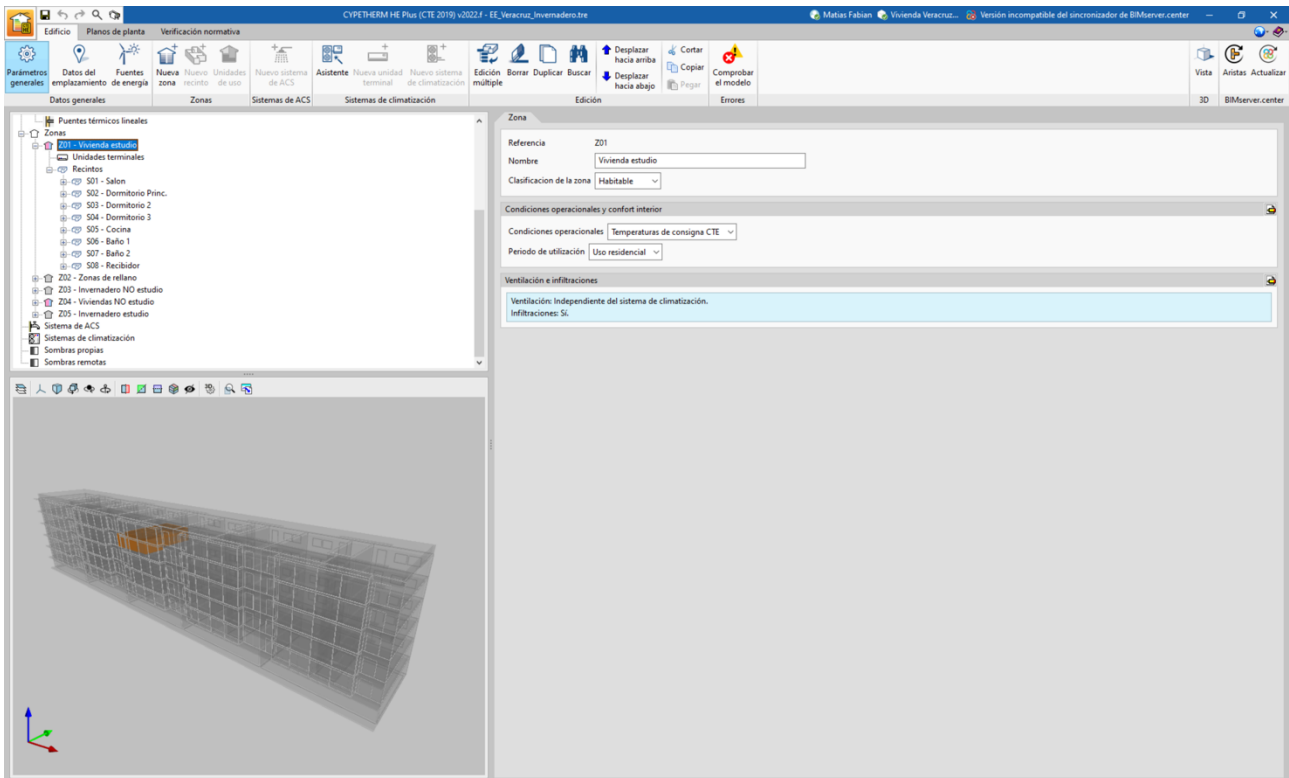


Figura 46. Captura de la definición de la Zona Térmica: VIVIENDA ESTUDIO

Elaboración: propia. Fuentes: CYPETHERM PLUS

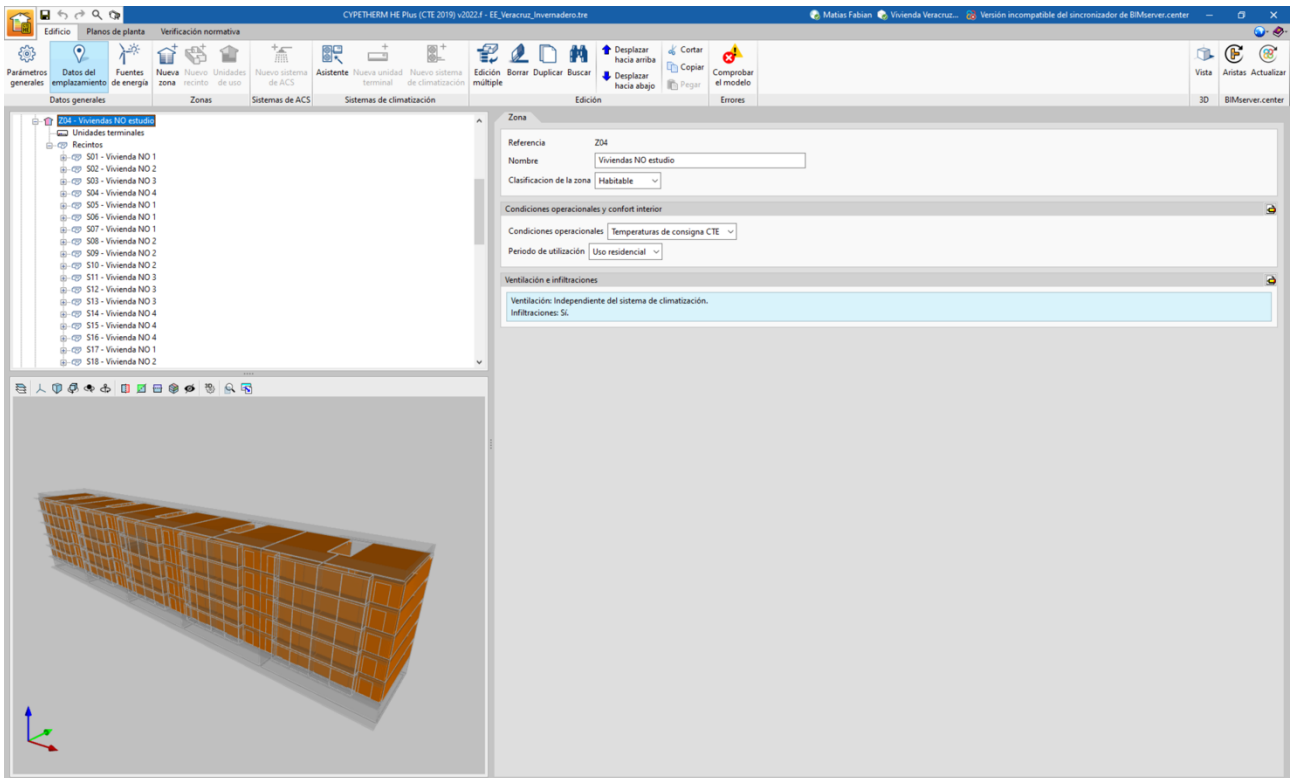


Figura 47. Captura de la definición de la Zona Térmica: VIVIENDAS NO ESTUDIO

Elaboración: propia. Fuentes: CYPETHERM PLUS

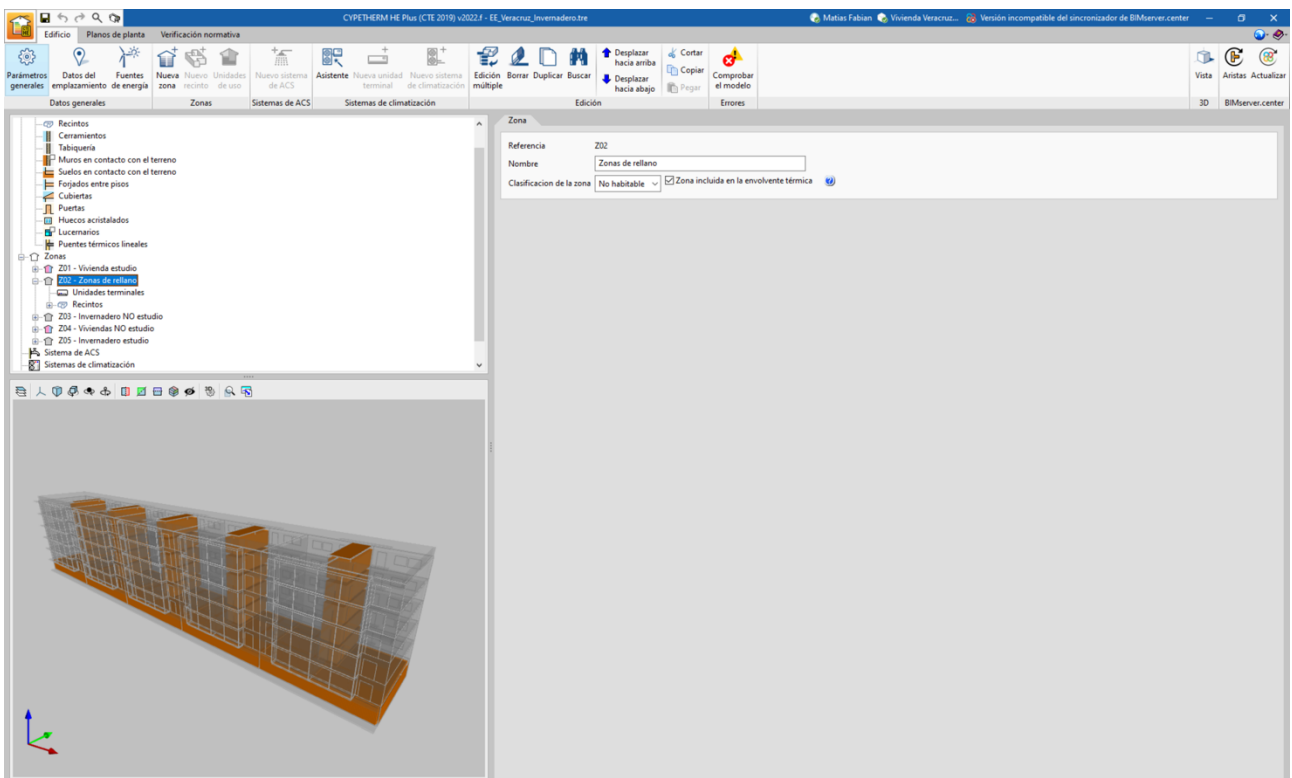


Figura 48. Captura de la definición de la Zona Térmica: ZONAS COMUNES

Elaboración: propia. Fuentes: CYPETHERM PLUS

La terraza invernadero, sin embargo, es un elemento singular para el estudio mediante este programa. CYPETHERM aún no dispone de una opción o método para simular el comportamiento real de un invernadero, ya que es distinto en invierno y en verano. Para solventar esto se ha duplicado el modelo IFC anterior, generando un edificio con los elementos de cerramiento en la terraza invernadero, y otro, sin cerramientos.

De esta manera, a la hora de interpretar los datos resultantes se tomará los datos de invierno del modelo con cerramientos y los datos de la temporada de verano del modelo sin cerramientos.

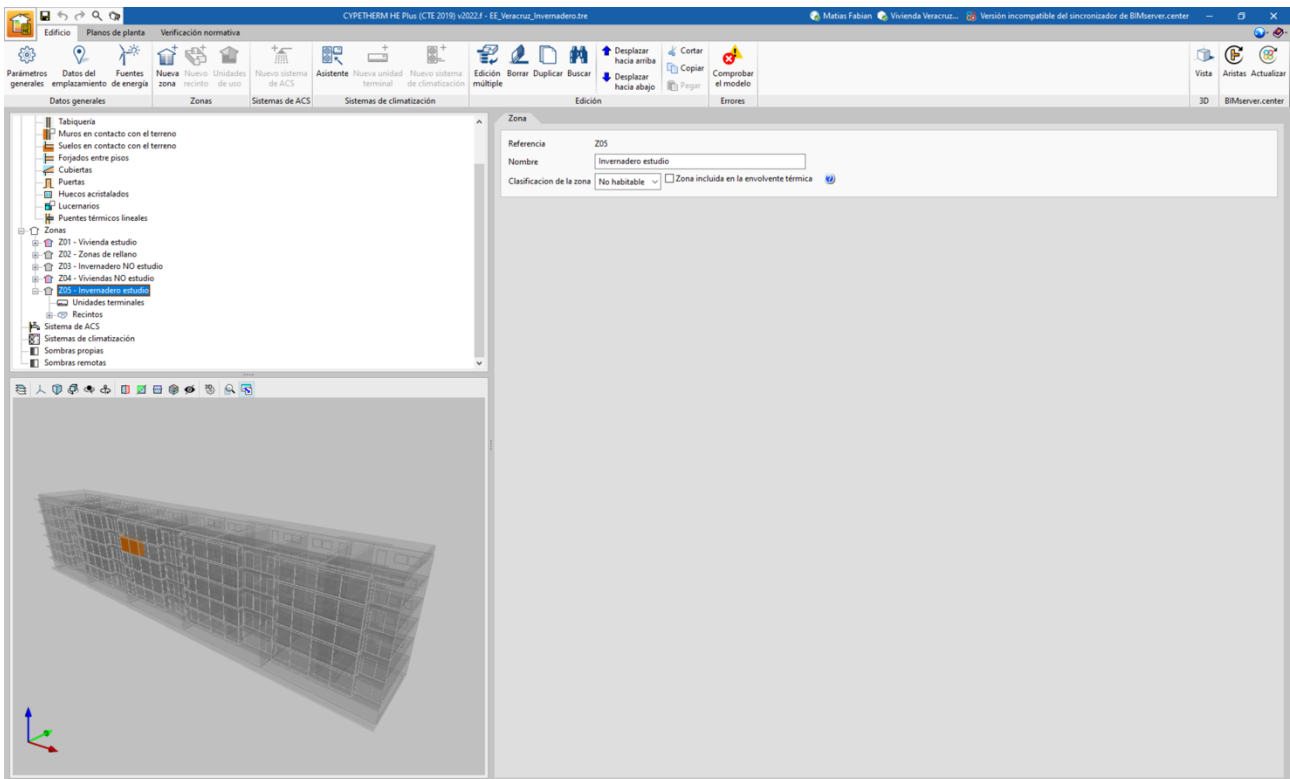


Figura 49. Captura de la definición de la Zona Térmica: INVERNADERO ESTUDIO

Elaboración: propia. Fuentes: CYPETHERM PLUS

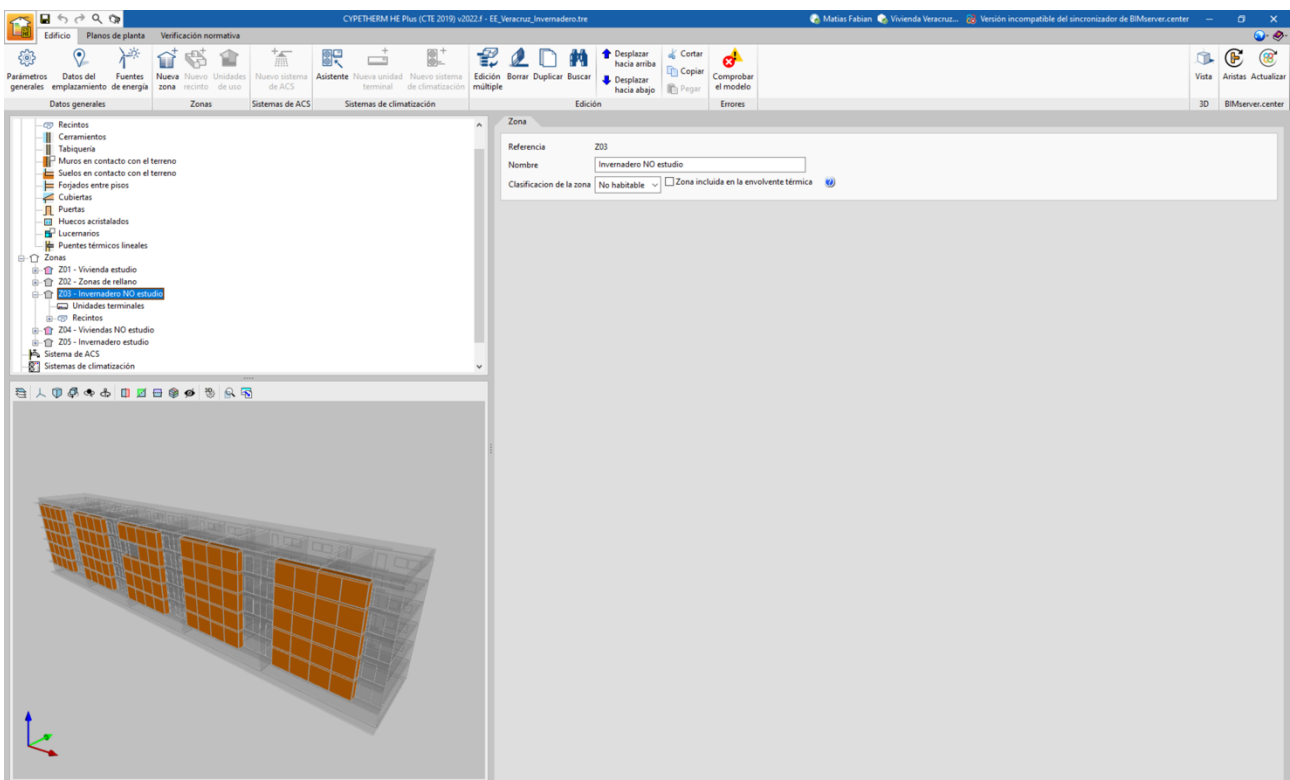


Figura 50. Captura de la definición de la Zona Térmica: INVERNADEROS NO ESTUDIO

Elaboración: propia. Fuentes: CYPETHERM PLUS

Estudio energético. Interpretación de los resultados.

Como se ha comentado en el apartado 4.1, la demanda energética global de climatización es uno de los indicadores más importantes a la hora de evaluar la eficiencia energética de un edificio. Por ello, entre todos los datos e informes que puede generar CYPETHERM, la interpretación se centrará en los datos recogidos en cuanto a la demanda energética a lo largo del año.

No se va a tener en cuenta el consumo energético, aunque es un indicador estrechamente ligado a la demanda energética, también depende del sistema de climatización concreto de cada edificio. Para los cálculos generados por CYPETHERM, se ha tomado una serie de equipos de sustitución dispuestos por el propio programa informático, lo cual no refleja la realidad del caso de estudio. Esta decisión radica en la voluntad de centrar este trabajo en la medición de la demanda energética, ya que se propone una estrategia de rehabilitación completamente pasiva, por lo que el tipo de instalaciones no es de interés para este estudio.

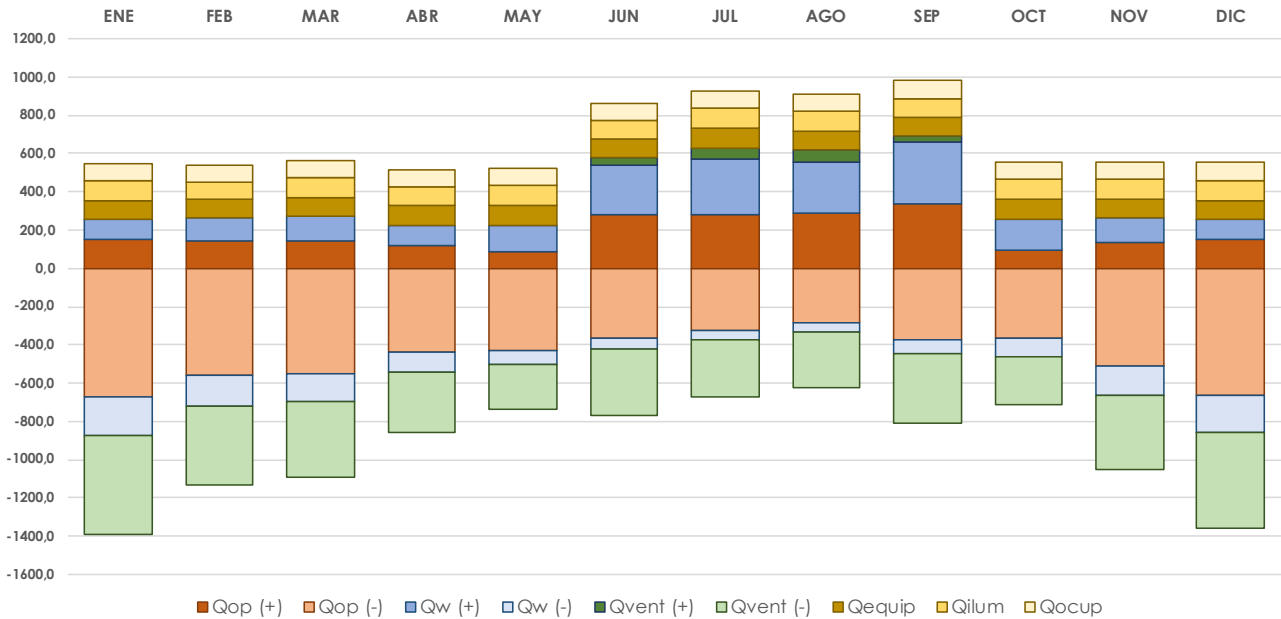


Figura 51. Gráfico comparativo de las cargas térmicas durante el año. Vivienda Veracruz

Elaboración: propia. Fuentes: cálculos propios CYPETHERM (véase Anexo 1)

Gracias a este gráfico se puede observar la fuerte presencia de las pérdidas térmicas a través de los elementos opacos (Q_{op-}) y las pérdidas debidas a las infiltraciones y ventilación (Q_{vent-}). El resto de las pérdidas se producen a través de las ventanas (Q_{w-}), pero son fracciones mucho menos características.

En cuanto al aporte térmico, el programa establece unos fijos debidos al equipamiento, a la iluminación y a la ocupación de personas. El resto corresponde a los elementos opacos (Q_{op+}), pero sobretodo a los elementos transparentes, es decir, las ventanas (Q_{w+}).

DEMANDA ENERGÉTICA VIVIENDA VERACRUZ														
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO	
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh/año]	[kWh/m ² año]
Q_H	819,40	535,10	454,90	278,90	156,70	0,00	0,00	0,00	0,00	50,20	435,30	786,00	3.516,50	42,32
Q_C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-86,00	-247,50	-278,60	-162,00	0,00	0,00	0,00	-774,10	-9,32
Q_{HC}	819,40	535,10	454,90	278,90	156,70	86,00	247,50	278,60	162,00	50,20	435,30	786,00	4.290,60	51,64

Figura 52. Tabla comparativa de la demanda energética durante el año. Vivienda Veracruz

Elaboración: propia. Fuentes: cálculos propios CYPETHERM (véase Anexo 1)

En la tabla anterior se puede ver las resultantes entre las pérdidas y ganancias de la fig. 51. Este valor se denomina demanda energética. Sirve para cuantificar la necesidad de aporte de calor o frío por parte de un sistema de climatización para alcanzar la sensación de confort en el interior.

Aunque ahora mismo estos datos por si mismos no expresen nada significativa, se puede observar los meses en los que más dependencia habrá de dicho equipamiento. Para la calefacción el mes más exigente es enero, mientras que para la refrigeración lo es agosto.

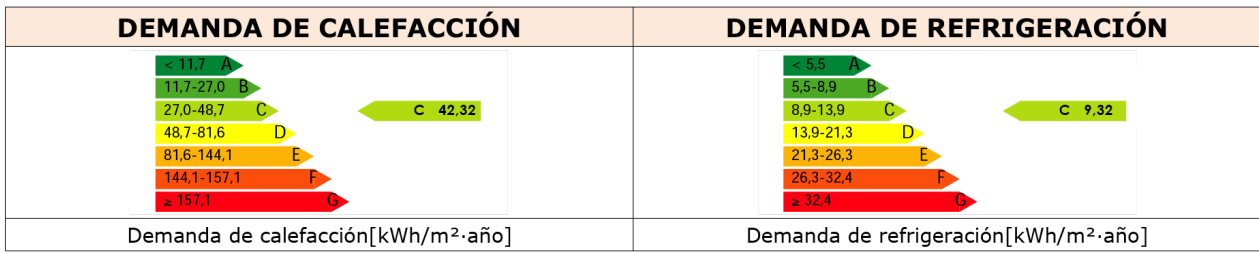


Figura 53. Calificación energética debido a la demanda energética. Vivienda Veracruz

Elaboración: propia. Fuentes: cálculos propios CYPETherm (véase Anexo 1)

Gracias a los indicadores anteriormente vistos y a la normativa española en cuanto a Calificación energética se puede vislumbrar la eficiencia, o no, energética de una vivienda.

En este caso, podemos ver que son resultados muy favorables al tratarse de un edificio anterior al CTE, por lo que se puede intuir que no necesita ninguna mejora energética reseñable.

Conclusiones.

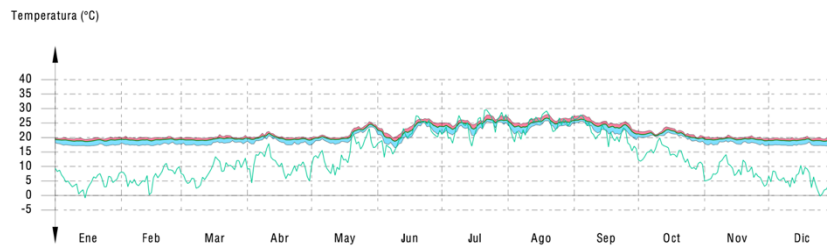
Los resultados vistos con anterioridad no son nada desfavorables, ya que hay que recordar que se está analizando una vivienda pre-CTE, la cual no tiene los requisitos ni exigencias de hoy día. Sin embargo, en la calificación energética se observa un resultado muy por encima de otras viviendas que cumplen aun así la NBECT79 (que suelen rondar las calificaciones E y F).

Los elementos constructivos dispuestos en este edificio son muy limitados comparados con los utilizados hoy en día: aislamientos con poco espesor (6 cm.), carpinterías y vidrios muy poco aislantes, permeabilidades altas y puentes térmicos abundantes. Por ello, un resultado tan decente frente a los estándares actuales lleva a pensar en la efectividad de la terraza invernadero como estrategia eficiente energéticamente.

Incluso para evaluar las medidas que aporta esta estrategia se ha calculado el modelo sin la terraza invernadero y los resultados obtenidos en cuanto a la demanda energética han sido un 12,5% peores.

Se puede concluir en base a los resultados obtenidos que la terraza invernadero es un sistema que funciona en Zaragoza, en una zona climática D3. Si se utiliza correctamente, produce un efecto de colchón térmico en invierno que suaviza los cambios de temperatura, como se puede observar en la siguiente figura.

Vivienda estudio



Invernadero estudio

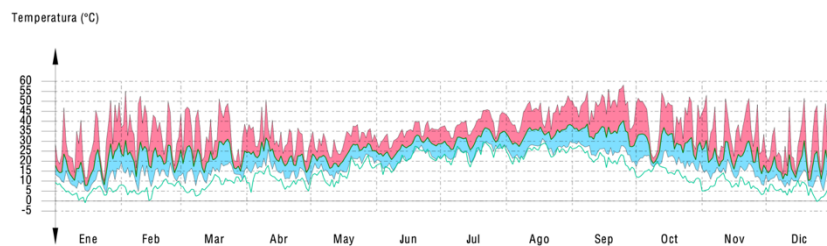


Figura 54. Comparación de temperaturas exteriores e interiores. Vivienda Veracruz vs Invernadero

Elaboración: propia. Fuentes: cálculos propios CYPETherm (véase Anexo 1)

Se ha creído conveniente incluir los dos últimos gráficos ya que explican de manera muy sencilla el funcionamiento del colchón térmico que produce la terraza invernadero. Mientras que en el invernadero la temperatura interior fluctúa en resonancia con la temperatura exterior, la vivienda de estudio posee una estabilidad en su interior, exceptuando quizás las épocas sobrecalentadas donde es más difícil controlar el comportamiento del invernadero.

Esto afecta a la demanda energética, como ya se ha visto, y por tanto a la eficiencia del edificio de manera completamente pasiva, por lo que puede llegar a ser una gran opción para rehabilitar energéticamente de manera más económica frente a otras opciones.

4.3 Estudio energético de una vivienda en el barrio de San José. ¿Necesita una rehabilitación energética?

Descripción general de la vivienda de Desideria.

La vivienda de Desideria está ubicada en un bloque residencial de colindante a otras viviendas ubicadas a norte. Posee fachadas exteriores en tres de sus límites, y la vivienda de estudio posee orientación sur exclusivamente. El edificio, de altura baja + 5, comprende un total de 30 viviendas repartidas en 5 viviendas por planta. Por su tipología, cada vivienda solo posee una orientación concreta dependiendo de su ubicación en el bloque, así como aberturas en diferentes habitaciones hacia los patios interiores.

Gracias a la consulta del proyecto visado en el archivo del ayuntamiento de Zaragoza se puede confirmar su construcción en 1966. Sin embargo, la vivienda en cuestión sufrió una reforma hace algunos años (fecha concreta sin confirmar por parte de los usuarios), en ella se redistribuyó el interior, se cambiaron las carpinterías y se añadió aislamiento en la cámara de aire entre las dos hojas de ladrillo de fachada, mediante inyección de poliuretano.



Figura 55. Fotografías exteriores.

Elaboración: Joselín Rengifo y Matías Nepi.

Geometría y distribución interior.

Con la nueva distribución la vivienda se compone de 2 habitaciones, 1 baño, cocina y salón-comedor. En la fachada sur se agrupan el salón-comedor y la habitación principal, mientras que el resto de las estancias se vuelcan hacia el patio interior. De esta manera los espacios principales son los que gozan de mayor iluminación, pero también son los que están más expuestos

En total la vivienda posee en torno a 55 metros cuadrados útiles, todos en el interior sin contar con alguna terraza o tendedero.

En cuanto a la altura libre se repite en todas las viviendas: 2,50 metros.

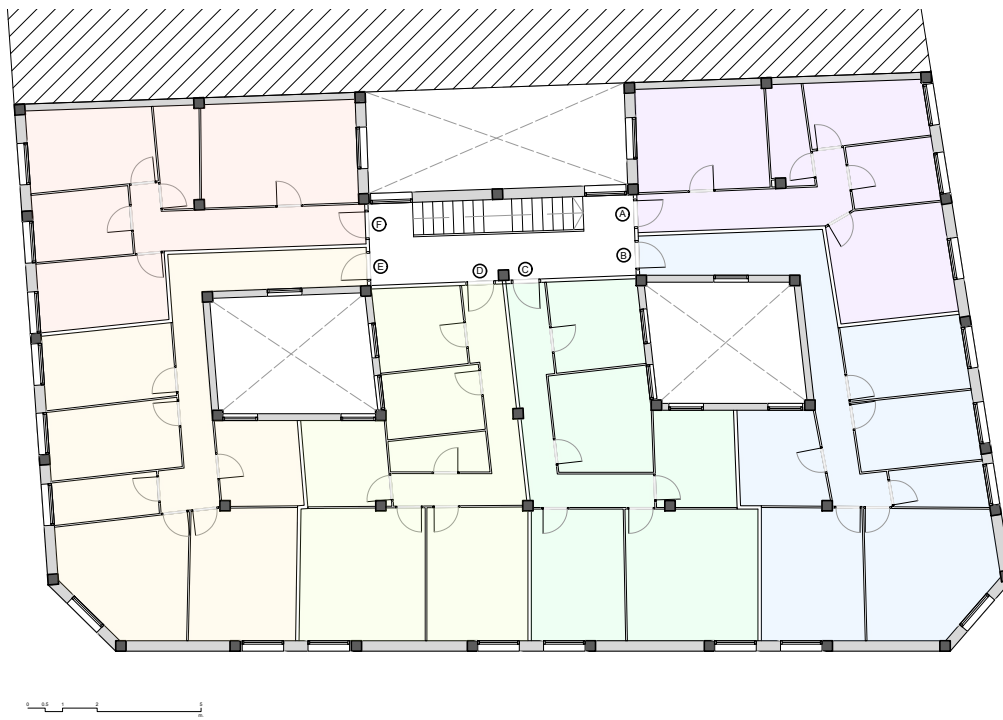


Figura 56. Planta tipo y distribución de viviendas

Elaboración: propia. Fuentes: proyecto visado, 1966 + reforma de la vivienda años posteriores

Cada apartamento tiene una orientación y una sola fachada que ventile al exterior, el resto de dependencias deben hacerlo al patio interior. Se agrupa un total de 6 viviendas por plantas. La vivienda de estudio, sombreada en verde, ha sufrido una pequeña reforma por lo que pasa de tener 3 habitaciones a 2, ampliando la cocina y el baño.

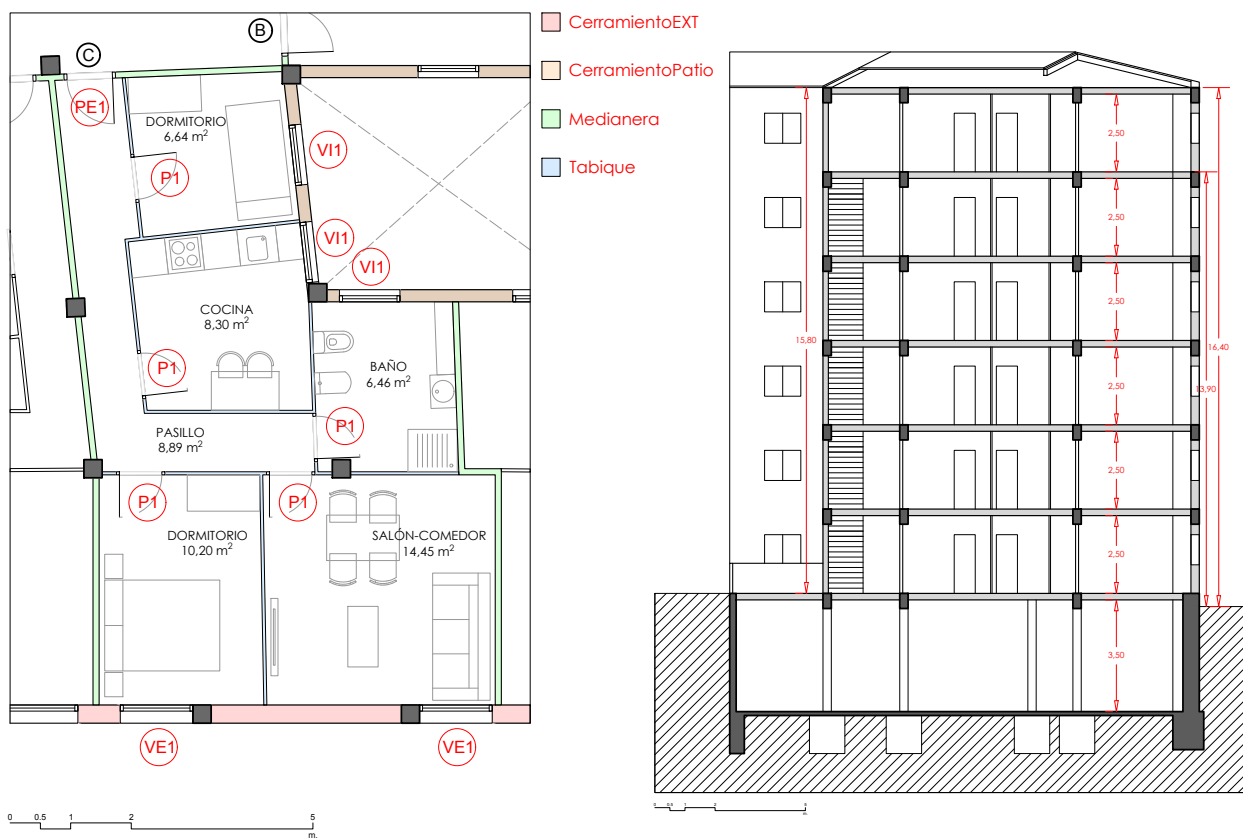


Figura 57. Planta de la vivienda de estudio y sección del edificio

Elaboración: propia. Fuentes: proyecto visado, 1966 + reforma de la vivienda años posteriores

La altura libre es similar a la de Veracruz, 2,50 m. Las dependencias ubicadas en la fachada sur son el salón y la habitación principal.

Aspecto constructivo.

El proyecto original que se ha podido consultar en el archivo municipal del ayuntamiento de Zaragoza no presenta la suficiente documentación (secciones o detalles constructivos) para definir las soluciones constructivas con una certeza similar a la vivienda de Veracruz.

Por ello, ha sido necesario realizar una búsqueda y asesoramiento para utilizar soluciones constructivas propias de esta época, que junto a las breves memorias y explicaciones de algún plano original completó la información necesaria para definir el proyecto a nivel constructivo.

Los detalles de las soluciones constructivas se podrán ver más adelante, pero se opta por dos soluciones distintas de cerramiento: una para la fachada sur y otra para el muro exterior hacia el patio. En cuanto a las particiones, se optó por soluciones propias de la época que coincidieran con los grosores de los planos.

Además, se ha tenido en cuenta la reforma posterior para poder acercar el estudio energético a lo más acertado con la actualidad.

Ya se puede observar la diferencia con Veracruz en la utilización de materiales que no se espera que respondan de ninguna manera ante el comportamiento térmico del edificio.

Experiencia de los usuarios.

La familia residente de Desidería está compuesta por un matrimonio más mayor y una hija en edad laboral. Por lo que su uso de la vivienda es algo similar a los usuarios de Veracruz.

El marido está jubilado, en cambio la mujer y la hija trabajan. Por lo que, en general, suelen estar en casa por las tardes, ya que el marido pasa las mañanas fuera de casa, al igual que la anterior familia.

En el cuestionario no han expresado un malestar elevado por la situación energética del edificio, pero es verdad que las condiciones en la que enfrentan el invierno y el verano son diferentes a los inquilinos de Veracruz. Los propios usuarios de Desidería dan por hecho que soportar el frío o el calor en su vivienda es lo normal.

El nivel de vestimenta que utilizan en el interior en invierno es mucho más elevado en Desidería que en Veracruz. Por lo que las sensaciones son completamente diferentes, la calefacción se utiliza de manera moderada por una buena mentalidad de ahorro, aunque las condiciones térmicas sean desfavorables. Según los propios usuarios la habitación más templada en invierno es el dormitorio que da al patio interior. Esto se debe a que el cerramiento sur, más expuesto al viento, no cumple con su función debido a su alta permeabilidad y poco aislamiento.

La vivienda suele estar bien iluminada y ventilada, sin embargo, en verano, las persianas deben estar bajas para que no se sobrecaliente el interior, lo que produce que la vivienda esté en penumbras durante gran parte del día, al gozar de una única orientación.



Figura 58. Fotografías interiores. Salón-comedor

Elaboración: Joselin Rengifo.



Figura 59. Fotografías interiores. Dormitorio principal

Elaboración: Joselin Rengifo.

Recreación del edificio en el programa CYPETHERM.

El proceso para el modelado del edificio en IFC y posteriormente en CYPETHERM es idéntico que el realizado en Veracruz, salvo por la ausencia de la terraza invernadero y las diferentes soluciones constructivas.

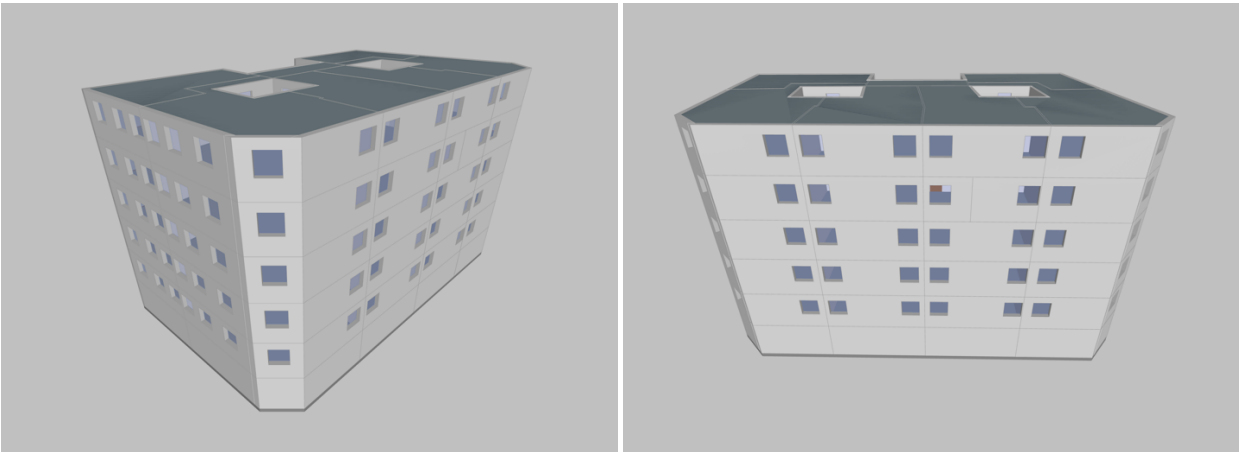


Figura 60. Modelo IFC en CYPETHERM. Perspectiva y Alzado Sur. Vivienda Desideria

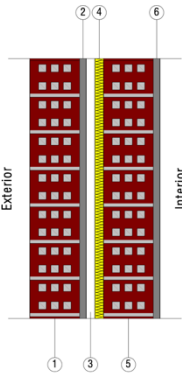
Elaboración: propia. Fuentes: CYPETHERM PLUS

Como se ha dicho anteriormente, se ha llegado a la conclusión de las siguientes soluciones constructivas, teniendo en cuenta las reformas:

CerramientoEXT

Superficie total 853.36 m²

CerramientoEXT



Listado de capas:

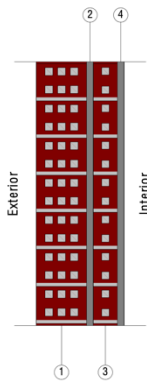
1 - 1/2 pie LM métrico o catalán 40 mm < G < 50 mm	11.50 cm
2 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000 < d < 1250	1.50 cm
3 - Cámara de aire Estanca	2.00 cm
4 - PUR Inyección en tabiquería con dióxido de carbono CO ₂	2.00 cm
5 - 1/2 pie LM métrico o catalán 40 mm < G < 50 mm	11.50 cm
6 - Yeso dureza media 600 < d < 900	1.50 cm

Características Transmitancia térmica, U: 0.87 W/(m²·K)
Espesor total 30.00 cm

CerramientoEXT_Patio

Superficie total 405.14 m²

CerramientoEXT_Patio



Listado de capas:

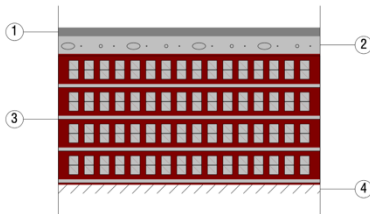
1 - 1/2 pie LM métrico o catalán 40 mm < G < 50 mm	11.50 cm
2 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000 < d < 1250	1.50 cm
3 - Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor < 60 mm]	5.50 cm
4 - Yeso dureza media 600 < d < 900	1.50 cm

Características Transmitancia térmica, U: 2.18 W/(m²·K)
Espesor total 20.00 cm

Forjado_entre_VIV

Superficie total 1745.04 m²

Forjado_entre_VIV



Listado de capas:

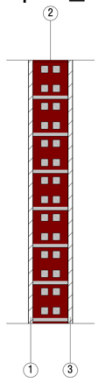
1 - Gres cuarzoso 2600 < d < 2800	2.00 cm
2 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1250 < d < 1450	4.00 cm
3 - FU Entrevigado de hormigón -Canto 300 mm	30.00 cm
4 - Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	2.00 cm

Características Transmitancia térmica, U: 1.96 W/(m²·K)
Espesor total 38.00 cm

Tabiques_entre_VIV

Superficie total 814.05 m²

Tabiques_entre_VIV



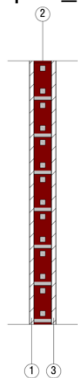
Listado de capas:

1 - Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	1.00 cm
2 - Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm]	8.00 cm
3 - Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	1.00 cm

Características Transmitancia térmica, U: 2.15 W/(m²·K)
Espesor total 10.00 cm

Tabiques_INT Superficie total 50.04 m²

Tabiques_INT



Listado de capas:

1 - Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	1.00 cm
2 - Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor < 60 mm]	4.00 cm
3 - Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	1.00 cm

Características Transmitancia térmica, U: 2.72 W/(m²·K)
Espesor total 6.00 cm

Puerta_Madera (80-85)

Puerta_Madera (80-85)

Características Transmitancia térmica, U: 3.43 W/(m²·K)
Absortividad, α_s: 0.600 (color intermedio)

Puerta_Madera (85-90)

Puerta_Madera (85-90)

Características Transmitancia térmica, U: 3.43 W/(m²·K)
Absortividad, α_s: 0.600 (color intermedio)

Ventanas EXT (120-125)

Ventanas EXT (120-125)

Características Transmitancia térmica, U: 3.44 W/(m²·K)
Factor solar, g: 0.760
Fracción opaca, Ff: 0.200
Transmitancia total de energía solar del hueco, con los dispositivos de sombra móviles activados, g_{gl;sh,wi}: 0.08

Ventanas EXT (100-105)

Ventanas EXT (100-105)

Características Transmitancia térmica, U: 3.44 W/(m²·K)
Factor solar, g: 0.700
Fracción opaca, Ff: 0.200
Transmitancia total de energía solar del hueco, con los dispositivos de sombra móviles activados, g_{gl;sh,wi}: 0.08

Figura 61. Soluciones constructivas de la simulación de la vivienda Desideria

Elaboración: propia. Fuentes: proyecto visado, 1966 + reforma de la vivienda años posteriores

Al igual que en Veracruz, se ha designado a la zona VIVIENDA ESTUDIO, como la principal para destacar sus resultados, en este caso no hay terraza invernadero.

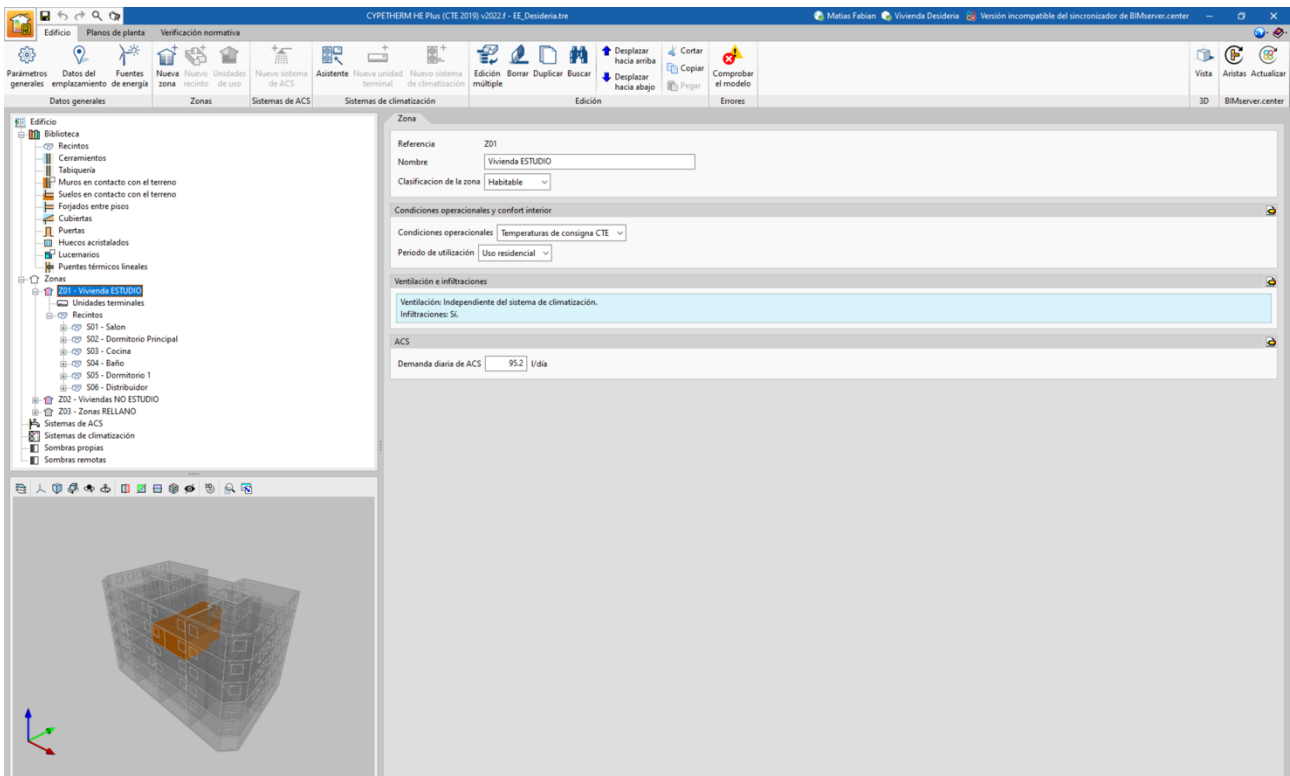


Figura 62. Captura de la definición de la Zona Térmica: VIVIENDA ESTUDIO
Elaboración: propia. Fuentes: CYPETHERM PLUS

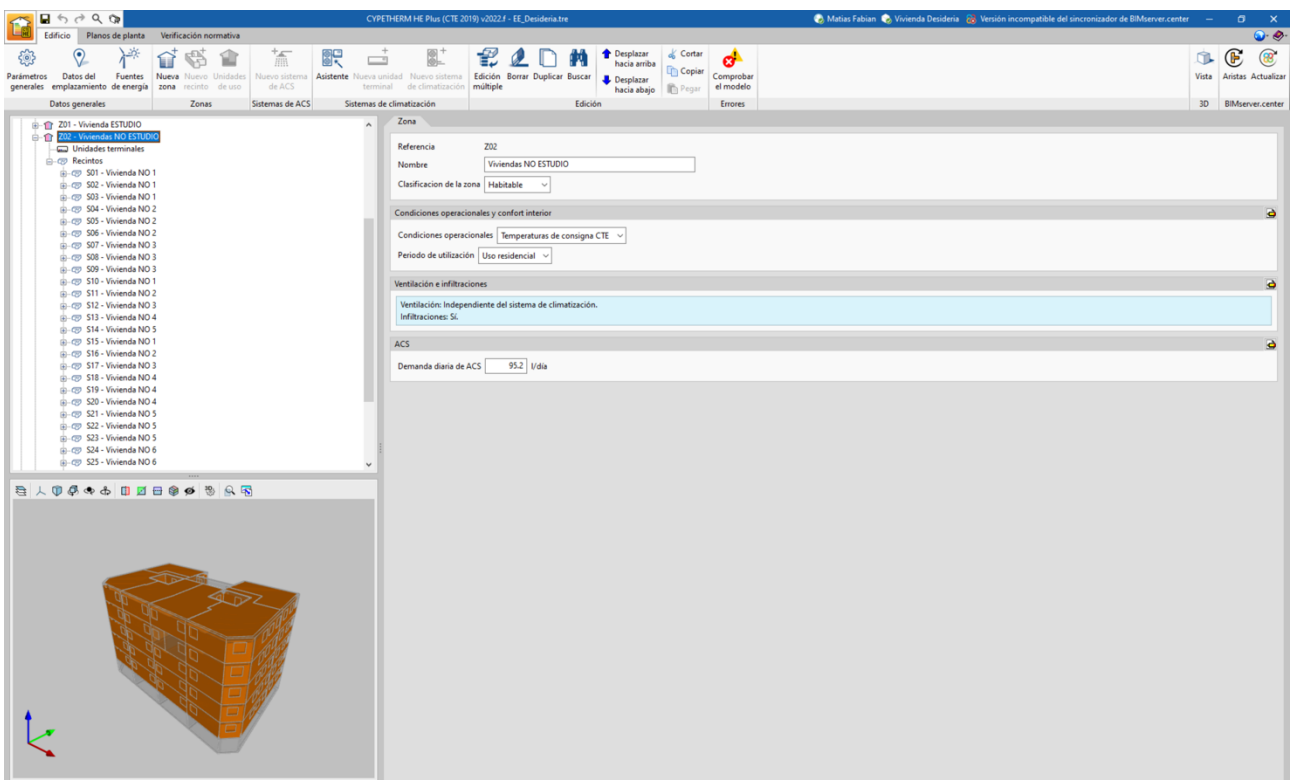


Figura 63. Captura de la definición de la Zona Térmica: VIVIENDAS NO ESTUDIO
Elaboración: propia. Fuentes: CYPETHERM PLUS

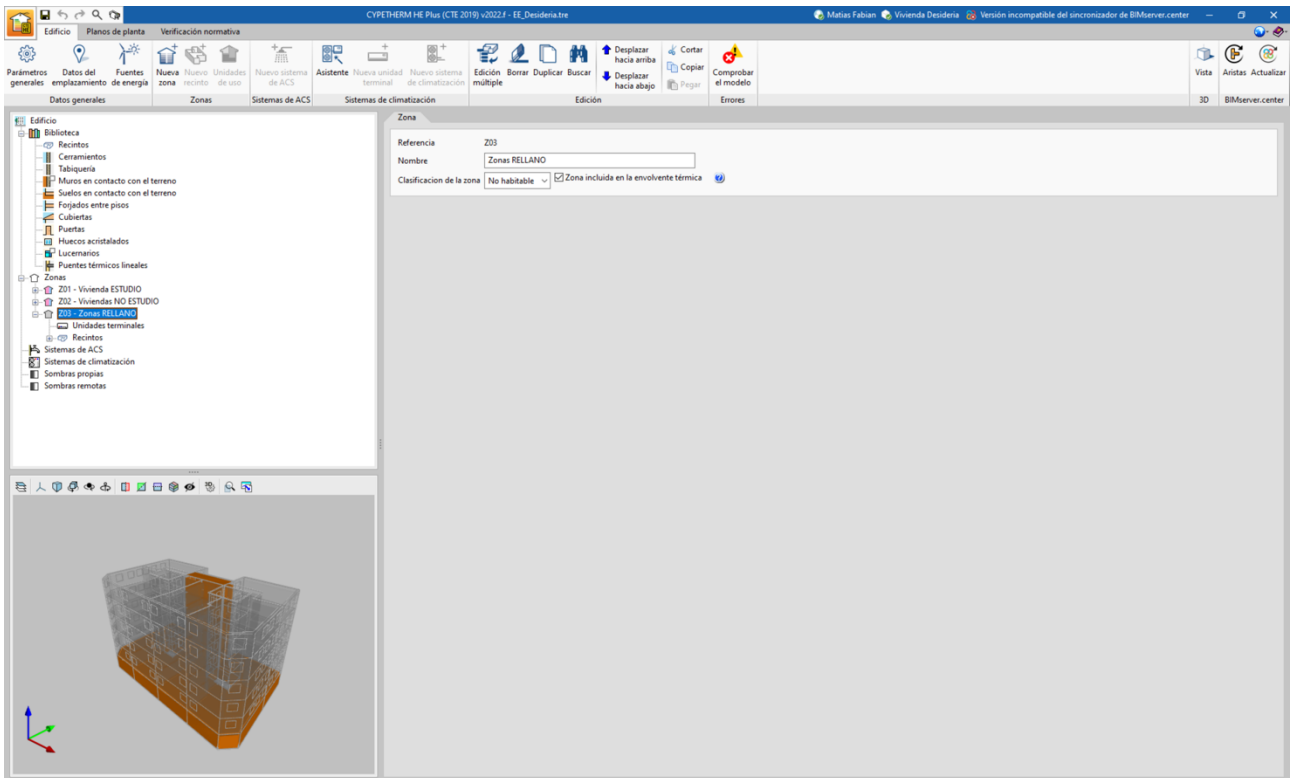


Figura 64. Captura de la definición de la Zona Térmica: ZONAS COMUNES

Elaboración: propia. Fuentes: CYPETHERM PLUS

Estudio energético. Interpretación de los resultados.

Las condiciones del estudio son las mismas que el realizado en Veracruz, por ello es fácilmente comparable unos datos con los otros. La demanda energética sigue siendo el máximo indicador de la eficiencia energética en estos casos de estudio.

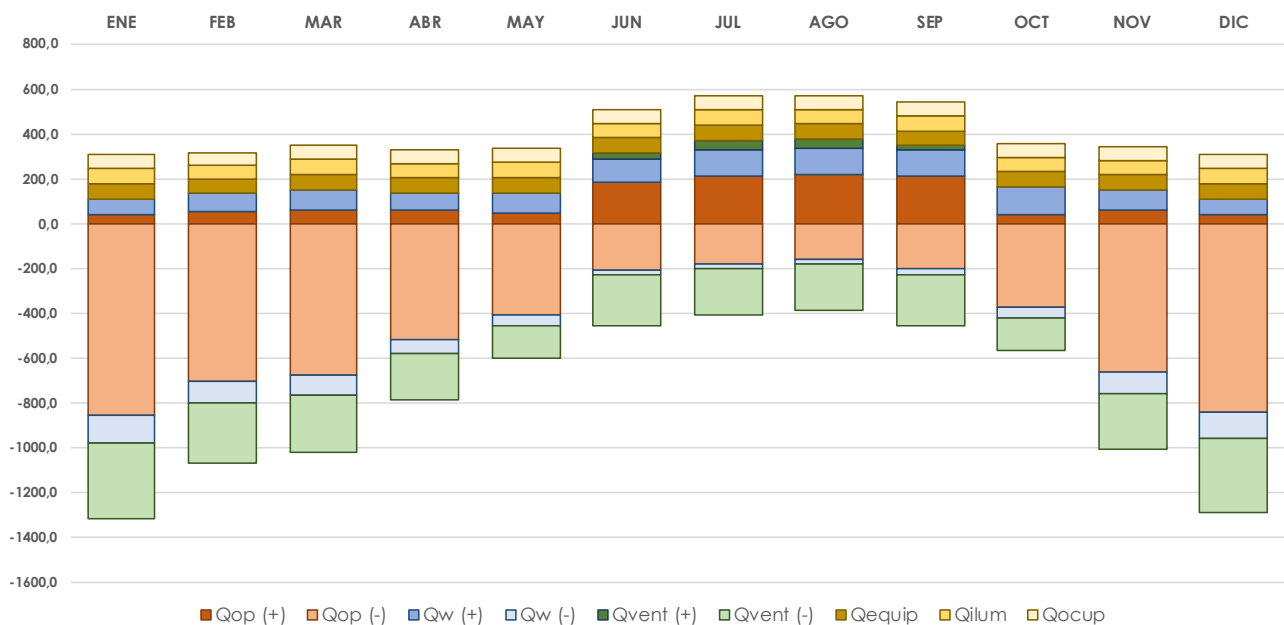


Figura 65. Gráfico comparativo de las cargas térmicas durante el año. Vivienda Desideria

Elaboración: propia. Fuentes: cálculos propios CYPETHERM (véase Anexo 1)

En cuanto al desglose de las cargas térmicas, se puede observar que las pérdidas no distan mucho de las presentadas en Veracruz, incluso son menores. Sin embargo, el aporte energético también es bastante menor, por ello la demanda energética es tan diferente. Si se comparan las pérdidas de Veracruz y Desideria se podrá observar que los elementos opacos en Desideria transmiten mucha más energía al exterior que Veracruz, en cambio, en cuanto a los elementos transparente ocurrirá lo contrario.

DEMANDA ENERGÉTICA VIVIENDA DESIDERIA														
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO	
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/año)	(kWh/m ² año)
Q_H	1.013,80	757,10	677,50	453,60	263,00	0,00	0,00	0,00	0,00	205,70	667,20	982,70	5.020,62	91,22
Q_C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-50,30	-157,20	-184,50	-83,60	0,00	0,00	0,00	-475,62	-8,64
Q_{HC}	1.013,80	757,10	677,50	453,60	263,00	50,30	157,20	184,50	83,60	205,70	667,20	982,70	5.496,24	99,86

Figura 66. Tabla comparativa de la demanda energética durante el año. Vivienda Desideria

Elaboración: propia. Fuentes: cálculos propios CYPETherm (véase Anexo 1)

La fuerte presencia de las pérdidas energéticas frente a una aportación mínima hace que la demanda energética de calefacción se incremente con creces. En cambio, la demanda de refrigeración disminuye, debido al poco aporte térmico.

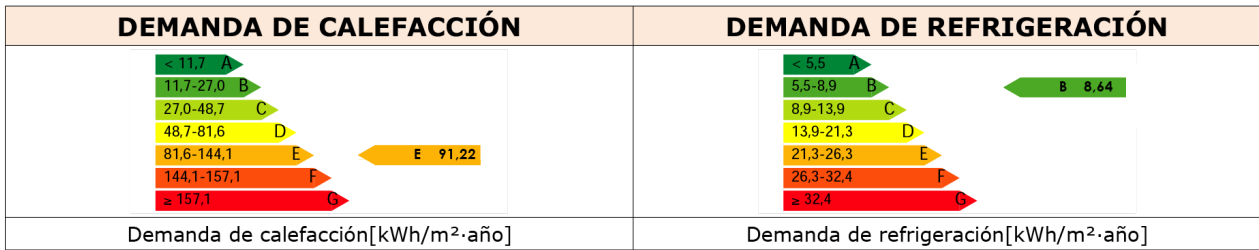


Figura 67. Calificación energética debido a la demanda energética. Vivienda Desideria

Elaboración: propia. Fuentes: cálculos propios CYPETherm (véase Anexo 1)

Aquí se puede observar con mayor detalle la gran contraposición entre calefacción y refrigeración, por ello urge en esta vivienda una medida de mejora energética para paliar la gran demanda en invierno.

Al igual que con Veracruz se puede observar los diferentes factores que afectan a la eficiencia energética. Destacando para este trabajo la demanda energética y su desglose a lo largo del año, de esta manera se puede categorizar en la certificación energética y así compararlo con mayor facilidad con Veracruz.

Conclusiones.

Con los datos obtenidos con anterioridad se puede apreciar que la calificación energética ya concuerda más con una vivienda anterior al CTE y a la NBE-CT79, consiguiendo una calificación E. Esto refuerza los apartados iniciales del trabajo en los que se expresaba la necesidad de rehabilitar el parque residencial, porque gran parte de la ciudad consolidada posee estos resultados en cuanto a la materia energética.

Por las razones ya vistas a lo largo de todo el trabajo, y confirmadas por los resultados obtenidos en este último apartado, se hace evidente que es necesario una rehabilitación energética en la vivienda de Desideria, por lo que se propone integrar únicamente una estrategia de terraza invernadero en su fachada sur y comparar los resultados.

La energía y la potencia necesaria para conseguir solventar dicha demanda energética excede con creces lo deseado por la Unión Europea y los demás organismos que buscan descarbonizar las ciudades en un futuro próximo.

Atendiendo únicamente a la demanda energética a cubrir por los sistemas de calefacción y refrigeración, las necesidades energéticas y de potencia útil instantánea a lo largo de la simulación anual se muestran en los siguientes gráficos:

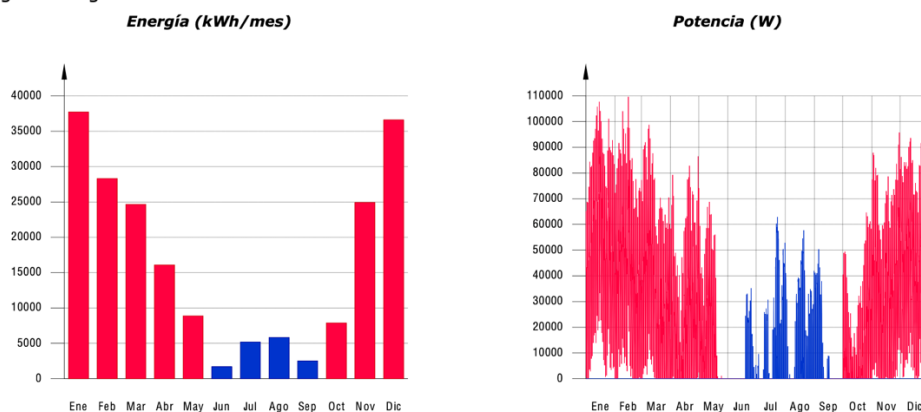


Figura 68. Consumo de energía y potencia para los sistemas energéticos. Vivienda Desideria

Elaboración: propia. Fuentes: cálculos propios CYPETherm (véase Anexo 1)

Como se ha descrito en los primeros apartados del trabajo el consumo energético es la consecuencia de suplir una demanda energética en las viviendas. Por ello, la elevada demanda que se manifiesta en Desideria produce los datos que se reflejan en los gráficos anteriores. Estos resultados son, precisamente, lo que la Unión Europea pretende revertir.

PARTE 5.

SIMULACIÓN DE LA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA

PARTE 5. SIMULACIÓN DE LA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA

5.1 Simulación y estudio de la terraza invernadero en la vivienda de San José.

Comparación entre los datos obtenidos de las viviendas Veracruz y Desideria.

El objetivo de este apartado del trabajo es poder implementar y simular una terraza invernadero en la vivienda de Desideria como estrategia de rehabilitación energética para valorar si es una medida eficiente para solucionar la excesiva demanda que posee en la actualidad.

Una vez obtenidos los resultados del estudio energético de cada vivienda en su situación actual, se pueden comparar para cuantificar la diferencia entre una y otra, señalando el grado de ineficiencia energética que la vivienda en Desideria padece.

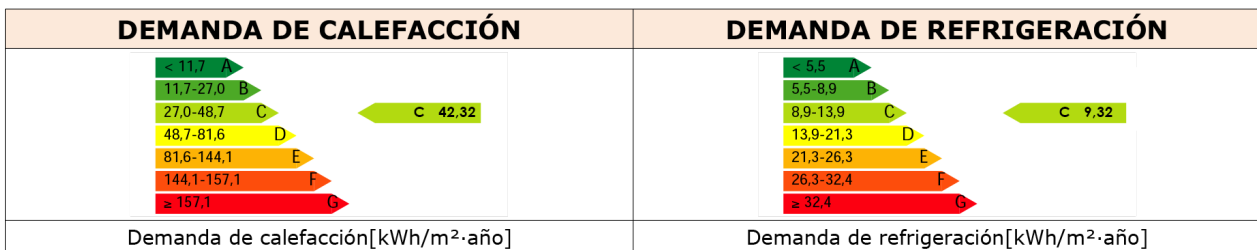


Figura 69. Calificación energética debido a la demanda energética. Vivienda Veracruz

Elaboración: propia. Fuentes: cálculos propios CYPETherm (véase Anexo 1)

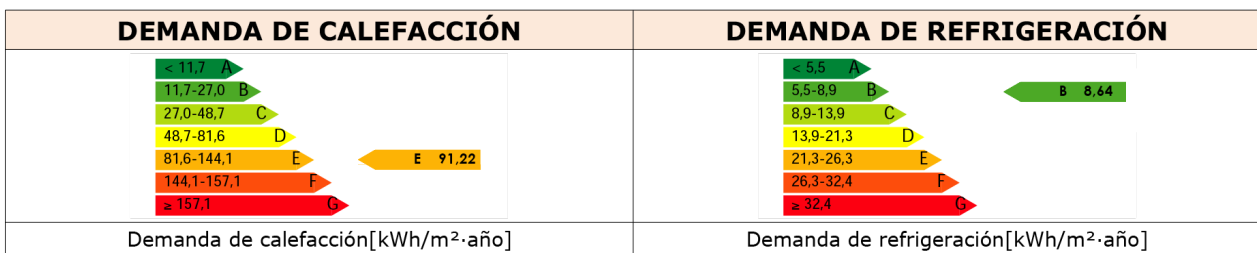


Figura 70. Calificación energética debido a la demanda energética. Vivienda Desideria

Elaboración: propia. Fuentes: cálculos propios CYPETherm (véase Anexo 1)

Esta comparación solo pone más de manifiesto la necesidad de una rehabilitación energética por parte de la vivienda de Desideria. Los datos de Veracruz son muy favorables por lo que se buscará aproximarse a ellos, aunque será difícil superarlos solo con una implementación de terraza invernadero.

Tal como se aprecia en los datos obtenidos con anterioridad, la demanda energética de Desideria es un 53,60% superior a la de Veracruz, es decir, se disipa más del doble de energía por la transmisión, ventilación e infiltración de los elementos constructivos.

Esta es la causa de la diferencia de confort térmico entre una vivienda y otra, además de los cambios más radicales de temperatura al estar más expuesta a la climatología exterior.

Esto está causado sobretodo por la diferencia entre las soluciones constructivas: menos aislante en el cerramiento, peores carpinterías y vidrios, pero sobretodo por la presencia o no, de una terraza invernadero.

Implementación de la terraza invernadero.

Por ello se propone la implementación de una serie de terrazas invernadero para la fachada sur en la totalidad de los pisos. Las dimensiones de esta terraza serán similares a las de Veracruz, para conseguir una comparación más homogénea, y para proponer una intervención mínima en cuanto al crecimiento de la superficie útil interior. Se busca, primeramente, una mejora en el comportamiento energético, aunque como ya se vio con Lacaton & Vassal puede ir estrechamente ligado a la calidad espacial interior.

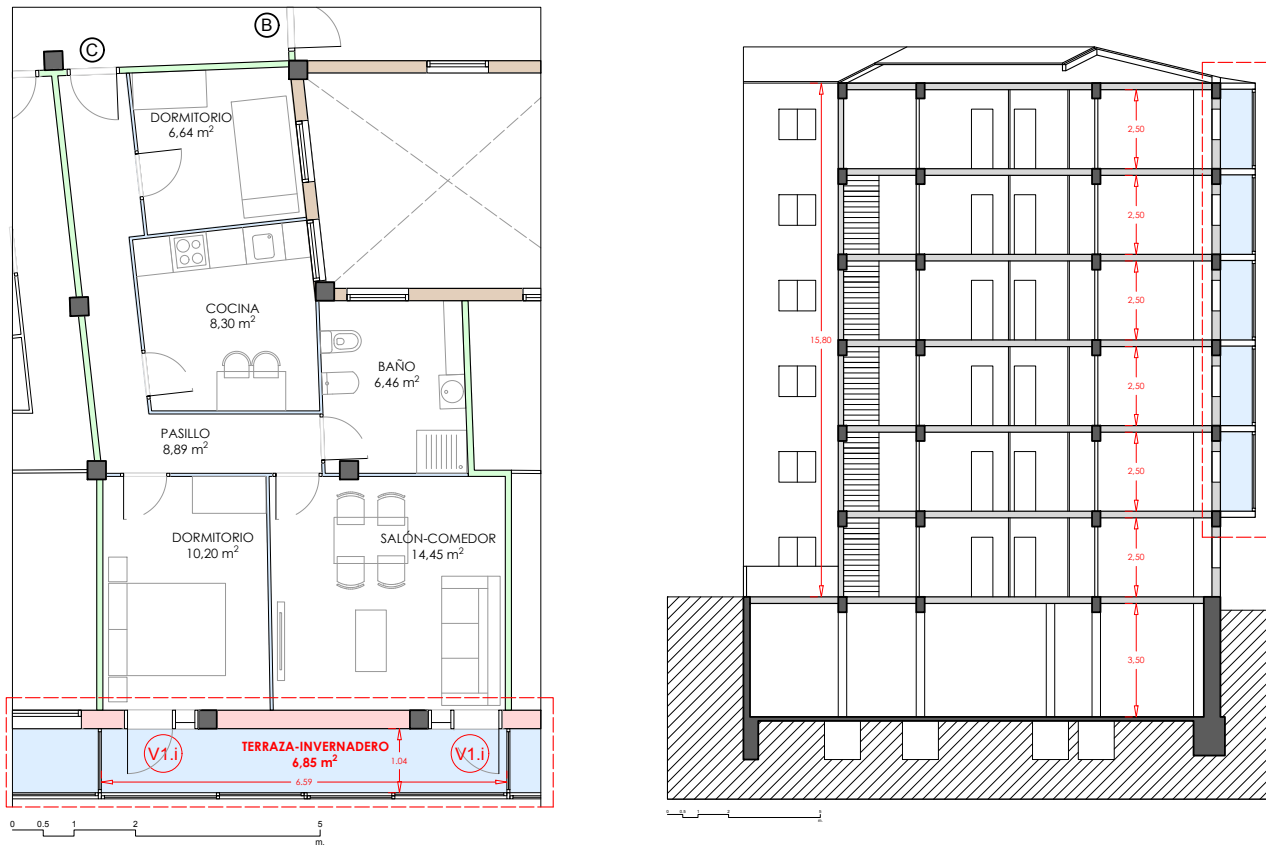


Figura 71. Planta de la vivienda de estudio y sección del edificio, más invernadero

Elaboración: propia. Fuentes: propia

La profundidad propuesta de la terraza invernadero es idéntica a la que ya existe en Veracruz, sin embargo, el extender toda la zona cerrada a la totalidad de la fachada genera un espacio mayor en cuanto a superficie.

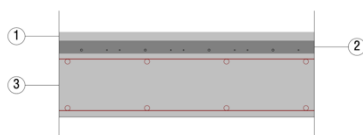
Como se aprecia en los planos, esta nueva incorporación debería contar con una estructura independiente además de un cerramiento de calidad en cuanto a los vidrios y carpinterías, aprovechando el avance tecnológico de éstos en los últimos años.

Además, las carpinterías antiguas de la fachada deben ser sustituidas por otras de mayores dimensiones y calidad térmica, además para permitir el paso hacia la terraza.

Invernadero

Superficie total 113.24 m²

Invernadero



Listado de capas:

1 - Gres calcáreo 2000 < d < 2700	2.00 cm
2 - Mortero de áridos ligeros [vermiculita perlita]	3.00 cm
3 - Losa maciza de 200 mm de hormigón convencional	15.00 cm

Características

Transmitancia térmica, U: 2.91 W/(m²·K)
Espesor total 20.00 cm

NUEVA VENTANA SALON

NUEVA VENTANA SALON

Características Transmitancia térmica, U: 1.58 W/(m²·K)

Factor solar, g: 0.500

Fracción opaca, Ff: 0.200

Transmitancia total de energía solar del hueco, con los dispositivos de sombra móviles activados, g_{gl;sh,wi}: 0.03

NUEVA VENTANA DORMITORIO

NUEVA VENTANA DORMITORIO

Características Transmitancia térmica, U: 1.58 W/(m²·K)

Factor solar, g: 0.500

Fracción opaca, Ff: 0.200

Transmitancia total de energía solar del hueco, con los dispositivos de sombra móviles activados, g_{gl;sh,wi}: 0.03

V2_INV (665-670)

V2_INV (665-670)

Características Transmitancia térmica, U: 1.50 W/(m²·K)

Factor solar, g: 0.500

Fracción opaca, Ff: 0

Transmitancia total de energía solar del hueco, con los dispositivos de sombra móviles activados, g_{gl;sh,wi}: 0.37

V2_INV (540-545)

V2_INV (540-545)

Características Transmitancia térmica, U: 1.50 W/(m²·K)

Factor solar, g: 0.500

Fracción opaca, Ff: 0

Transmitancia total de energía solar del hueco, con los dispositivos de sombra móviles activados, g_{gl;sh,wi}: 0.37

Figura 72. Soluciones constructivas de la implantación de la terraza invernadero

Elaboración: propia. Fuentes: cálculos propios CYPETherm (véase Anexo 1)

Estudio energético.

Una vez definida la nueva terraza invernadero, se incorpora al modelo IFC y de CYPETHERM de la vivienda de Desideria, ajustando los nuevos parámetros y las nuevas zonas térmicas.

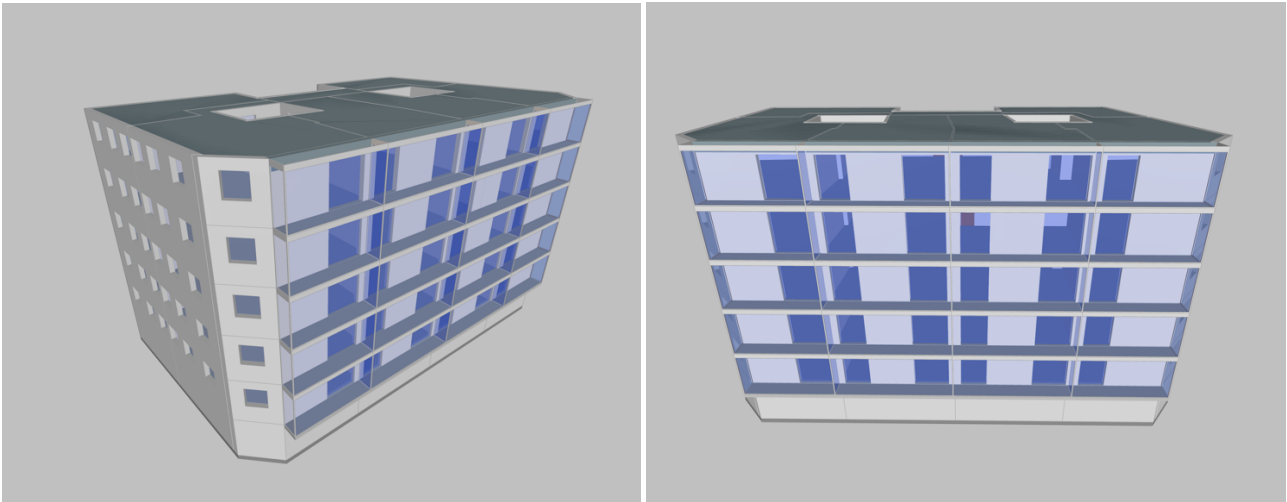


Figura 73. Modelo IFC en CYPETHERM. Perspectiva y Alzado Sur. Vivienda Desideria con invernadero

Elaboración: propia. Fuentes: CYPETHERM PLUS

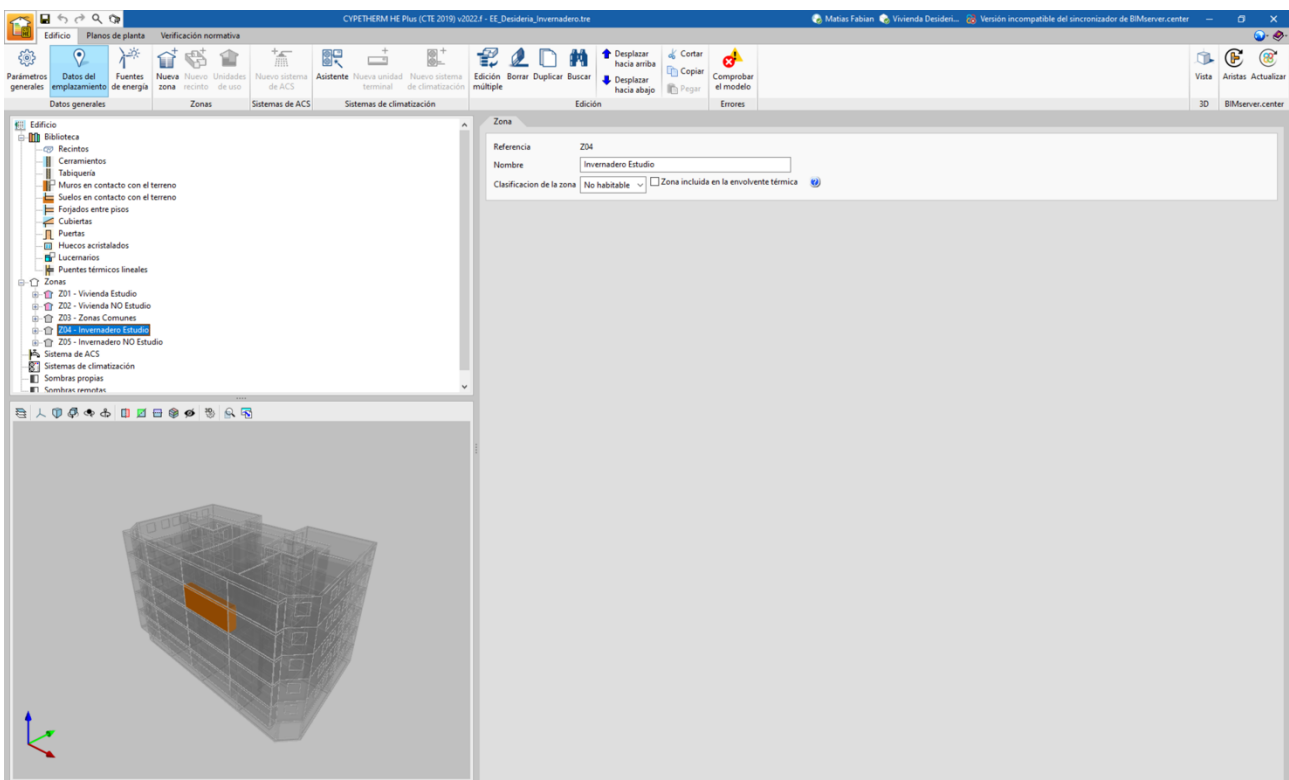


Figura 74. Captura de la definición de la Zona Térmica: INVERNADERO ESTUDIO

Elaboración: propia. Fuentes: CYPETHERM PLUS

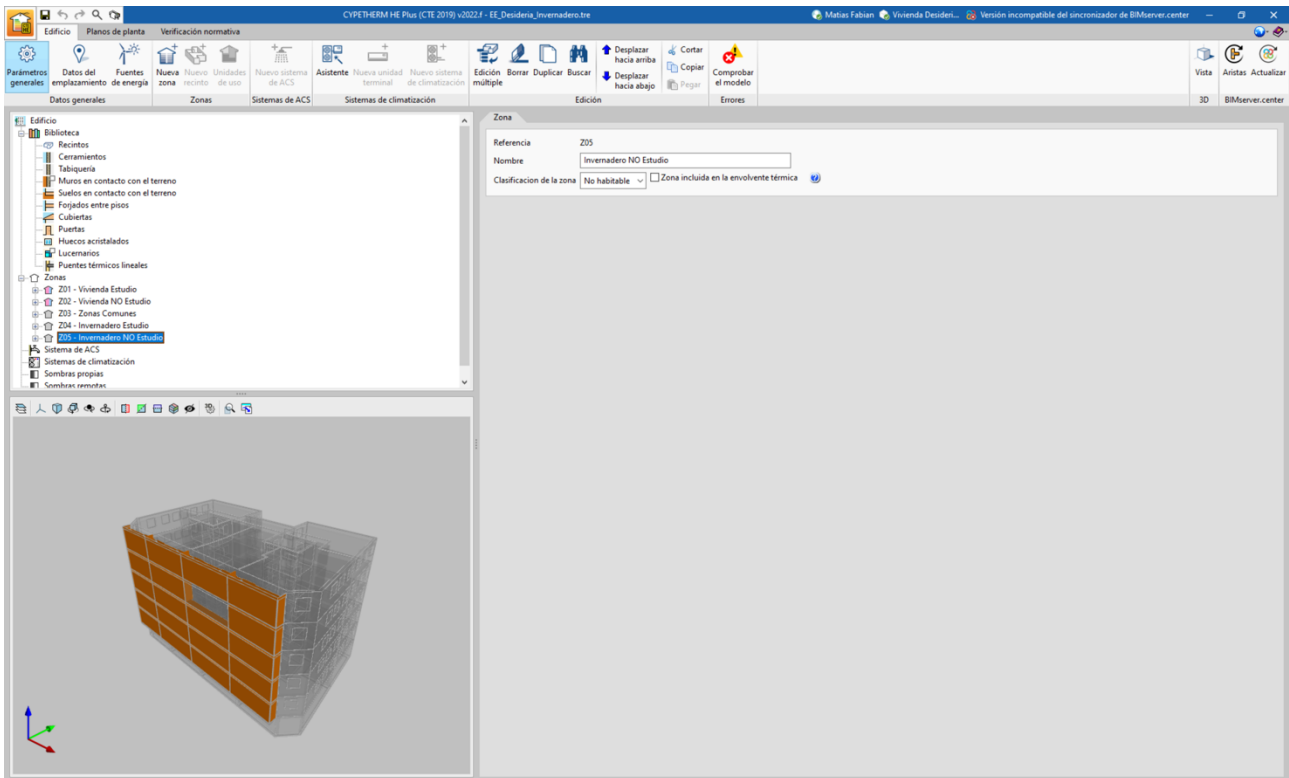


Figura 75. Captura de la definición de la Zona Térmica: INVERNADEROS NO ESTUDIO

Elaboración: propia. Fuentes: CYPETHERM PLUS

Gracias a los resultados del estudio energético se puede comparar los datos obtenidos con el nuevo elemento que se ha incorporado a la envolvente térmica.

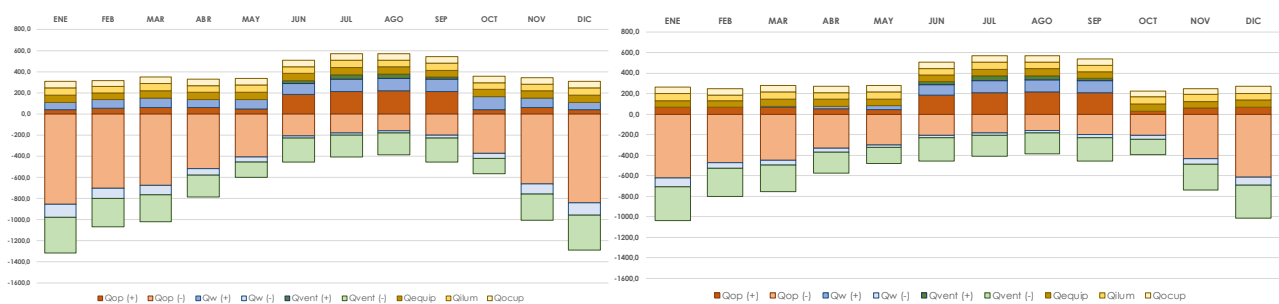


Figura 76. Gráfico comparativo de las cargas térmicas durante el año. Desideria sin invernadero (izq.) vs con invernadero (der.)

Elaboración: propia. Fuentes: cálculos propios CYPETHERM (véase Anexo 1)

Se puede observar que la curva característica es similar a la opción sin invernadero. Sin embargo, las pérdidas producidas por elementos opacos se reducen significativamente, lo que produce su mejora energética. Para poder conseguir incluso más eficiencia y menores pérdidas se puede aumentar en la calidad de las ventanas y su estanqueidad.

DEMANDA ENERGÉTICA VIVIENDA VERACRUZ														
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO	
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/año)	(kWh/m ² ·año)
Q _H	819,40	535,10	454,90	278,90	156,70	0,00	0,00	0,00	0,00	50,20	435,30	786,00	3.516,50	42,32
Q _C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-86,00	-247,50	-278,60	-162,00	0,00	0,00	0,00	-774,10	-9,32
Q _{Hc}	819,40	535,10	454,90	278,90	156,70	86,00	247,50	278,60	162,00	50,20	435,30	786,00	4.290,60	51,64

DEMANDA ENERGÉTICA VIVIENDA DESIDERIA														
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO	
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/año)	(kWh/m ² ·año)
Q _H	1.013,80	757,10	677,50	453,60	263,00	0,00	0,00	0,00	0,00	205,70	667,20	982,70	5.020,62	91,22
Q _C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-50,30	-157,20	-184,50	-83,60	0,00	0,00	0,00	-475,62	-8,64
Q _{Hc}	1.013,80	757,10	677,50	453,60	263,00	50,30	157,20	184,50	83,60	205,70	667,20	982,70	5.496,24	99,86

DEMANDA ENERGÉTICA VIVIENDA DESIDERIA c/ INV.														
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO	
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/año)	(kWh/m ² ·año)
Q _H	739,70	486,90	408,50	246,50	147,30	0,00	0,00	0,00	0,00	56,90	424,20	713,60	3.223,60	58,57
Q _C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-50,30	-157,20	-184,50	-83,60	0,00	0,00	0,00	-475,60	-8,64
Q _{Hc}	739,70	486,90	408,50	246,50	147,30	50,30	157,20	184,50	83,60	56,90	424,20	713,60	3.699,20	67,21

Figura 77. Comparación de la demanda energética entre los tres casos de estudio

Elaboración: propia. Fuentes: cálculos propios CYPETherm (véase Anexo 1)

La nueva demanda energética de calefacción con la implementación de la terraza invernadero mejora considerablemente con respecto a su condición inicial, y se aproxima bastante a los datos resultantes de Veracruz.

Por lo que se puede apreciar, la mejora de la vivienda de Desideria es más que favorable. La mejora en la demanda energética en calefacción se ha incrementado más de un 35%, con respecto a su variante sin invernadero. En cuanto a la comparación con Veracruz ha recortado distancia, aunque ésta sigue siendo un 27,74% más eficiente.

La mejora con solo el añadido de un módulo de terraza invernadero es sustancial, recalificando la vivienda de la letra E a la letra D.

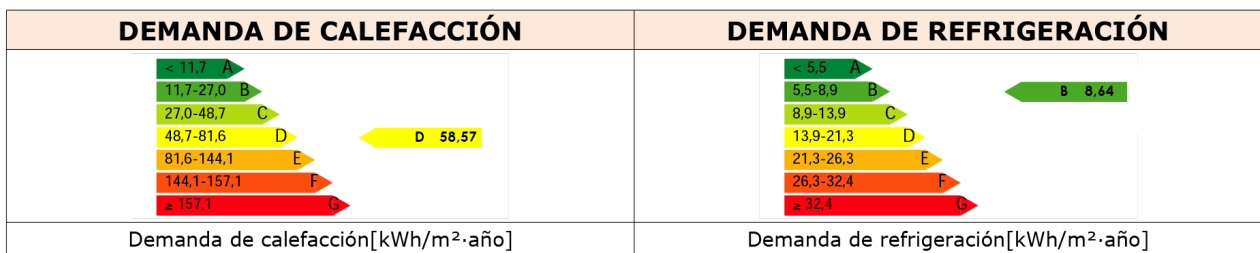


Figura 78. Calificación energética debido a la demanda energética. Vivienda Desideria con invernadero

Elaboración: propia. Fuentes: cálculos propios CYPETherm (véase Anexo 1)

5.2 Beneficios e inconvenientes de la implementación de la terraza.

Una vez visto todos los resultados, variables y opciones a estudiar, podemos analizar de manera crítica la estrategia de terraza invernadero, para poder llegar a una conclusión fiable sobre su viabilidad como medida de rehabilitación energética.

En cuanto a las ventajas y beneficios que ofrece están claros. Se ha hablado durante todo el trabajo sobre como las medidas pasivas de climatizar las viviendas resultaban tremendamente atractivas por el hecho de no consumir energía externa provenientes de fuentes que puedan llegar a ser no renovables. De esta manera, con una medida pasiva de acondicionar los espacios no se aporta nada extra al consumo energético.

Se consigue un espacio extra de calidad en la vivienda, con carácter exterior y sin necesidad de grandes obras en el interior de la casa, por lo que los vecinos podrían seguir haciendo vida normal mientras se ejecutan las obras de rehabilitación.

Da la oportunidad de revalorizar el edificio, si se produce la rehabilitación con carácter estético se podría renovar la imagen exterior del bloque de viviendas, como ya se estudió con Lacaton & Vassal.

Pero sobretodo, se está consiguiendo una mejora energética con resultados muy favorables con una estrategia con amplio potencial para ampliar otras áreas de la vivienda.

En definitiva, los beneficios de la terraza invernadero son estos: es una medida completamente pasiva, que otorga espacio extra de calidad a los usuarios, se puede realizar sin necesidad de grandes obras, puede llegar a revalorizar el edificio y aporta una mejora energética muy significativa.

Sin embargo, existen una serie de inconvenientes y contratiempos a la hora de realizar esta rehabilitación.

El primero de ellos, el aspecto económico, puede resultar un inconveniente o una ventaja, según con que otra medida se compare. Esto se debe a que se necesita un estudio más profundo del caso que se desea rehabilitar, ya que en algunos casos será necesaria una estructura auxiliar para soportar las terrazas, incluyendo cimentación. Aun así, atendiendo a sus resultados podría ser más rentable que otras medidas que involucren a la envolvente térmica, pero siempre será menos económica que una sustitución de equipos de climatización, por ejemplo.

Además, es una mejora de la que no todos los vecinos serían beneficiarios, ya que solo se podría implementar en las fachadas sur para conseguir resultados aproximados a los vistos con anterioridad.

Por último, el inconveniente más grave, la necesidad del espacio exterior donde debe apoyar la estructura auxiliar de las terrazas. Debido a que es una intervención sobre un edificio preexistente, debemos suponer que necesitamos que la estructura de la terraza invernadero sea autoportante. Por esta razón, se necesita un lugar de apoyo en la vía pública, con las obras que ello conlleva y espacio de recrecido de la propia terraza sobre el espacio público.

En definitiva, los inconvenientes son los siguientes: posibilidad de ser una opción más cara que otras medidas energéticas de menos envergadura, beneficioso solo para una parte de los vecinos (los que residan en las viviendas con orientación sur), necesidad de un estudio minucioso sobre la estructura autoportante y su apoyo en la vía pública.

5.3 Conclusiones generales.

La tendencia global hacia una crisis económica, medioambiental y energética es cada día más pronunciada. Aunque los diferentes gobiernos y organismos mundiales hayan puesto en marcha acuerdos, medidas y planes estratégicos para paliar estos efectos, éstos no sirven de nada si no encuentran una respuesta local.

Por este motivo es tan interesante la obra de Lacaton & Vassal, la cual se ha podido analizar con anterioridad. Los diferentes proyectos de transformación de viviendas aglomeran conceptos de suma importancia: ahorro económico, ahorro energético, aprovechar los recursos disponibles, tener en cuenta la opinión y el valor de los usuarios y, por último, dar un espacio de mayor dimensión y calidad por el mínimo coste. En definitiva, una actitud sostenible en cuanto a la arquitectura.

Esto no quiere decir que la actitud y manera de proceder por parte de estos arquitectos no presenten ningún inconveniente. De manera personal, creo que la industrialización y la modulación en la estructura, sumadas a esa materialidad característica que permite abaratar costes, produce en los acabados un ambiente "frío" y monótono para un uso residencial que, aunque es verdad que el usuario acaba apropiándose del espacio, recuerda mucho a los acabados de la arquitectura moderna pura.

En cuanto al aspecto energético, no se ha llegado a encontrar documentación facilitada por los arquitectos donde se exponga la cuantificación de la mejora en la eficiencia energética de estos edificios. Pero se puede observar que el diseño responde más a la voluntad de otorgar más espacio al usuario, que al de satisfacer su confort térmico. Encontrando, de esta manera, terrazas invernadero de dimensiones similares tanto a orientación sur como a norte.

La actitud de Lacaton & Vassal, sumada a la voluntad de la Unión Europea de rehabilitar el parque residencial de las diferentes metrópolis europeas, provoca una intención de replicar dichas estrategias en territorio español. Sin embargo, los buenos resultados de la obra de Lacaton & Vassal, no pueden extrapolarse de manera directa a cualquier país, se debe analizar en profundidad cada caso y su situación en las diferentes zonas climáticas.

Para ello, se han modelado y analizado 2 casos reales de estudio en la ciudad de Zaragoza, una vivienda en Valdespartera (Veracruz) y una en San José (Desideria).

Tras realizar el estudio energético de la vivienda en Veracruz, se concluye que, efectivamente, la terraza invernadero funciona como elemento de ayuda a la eficiencia energética. Su comportamiento en invierno se asemeja a un colchón térmico, sufriendo en su interior los cambios de temperatura y así hacer que los cerramientos de la vivienda intercambien menos energía al exterior; a la vez que es un excelente sistema de captación solar.

En contraparte, la vivienda de Desideria presenta una demanda energética bastante elevada, por lo que se convierte en una buena candidata a sufrir una rehabilitación energética y, por tanto, probar la viabilidad de la terraza invernadero, esta vez, como elemento implantado en la rehabilitación.

Se diseña, de manera simplificada, una terraza invernadero de una profundidad idéntica a la de la vivienda de Veracruz, para poder comparar los datos resultantes de manera. Con el estudio energético realizado, se puede observar una importante mejoría en la demanda, aun sin tener mejores resultados que la vivienda en Veracruz, podemos concluir que la mejora en la eficiencia energética producida por la implementación de la terraza invernadero es más que destacable.

Aun así, solo con estos datos no se puede decir que una rehabilitación energética que consista solo en añadir una terraza invernadero a cada vivienda resulte rentable. Esto se debe a que existen muchos detalles que, en un trabajo de estas dimensiones, no se están teniendo en cuenta. Un ejemplo muy claro es la estructura que deba soportar esas terrazas y su contacto con el suelo, además del espacio público que invada.

En definitiva, la terraza invernadero presenta múltiples ventajas como estrategia de rehabilitación energética en la vivienda colectiva. Sin embargo, para poder aprovechar al máximo su potencial se debe estudiar cada caso con detenimiento y certificar que se cumplen una serie de requisitos para su correcta implantación.

BIBLIOGRAFÍA

LIBROS

- Serra Florensa, Rafael y Coch Roura, Helena. *Arquitectura y energía natural*. Barcelona: Edicions UPC, 2001. Reimpresión, 2009.
- Olgyay, Victor. *Arquitectura y clima. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. Traducido por Josefina Frontado y Luis Clavet. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 1998
- Neila González, F. Javier. *Arquitectura Bioclimática en un entorno sostenible*. Madrid: Editorial Munilla-Lería, 2004.
- López-Mesa, Belinda (coord.) *Nuevos enfoques en la rehabilitación energética de la vivienda hacia la convergencia europea*. Zaragoza: Prensas de la Universidad de Zaragoza. Cátedra Zaragoza Vivienda, 2018.

REVISTAS

- Márquez Cecilia, Fernando y Levene, Richard. "Horizonte post-mediático. LACATON & VASSAL". *El Croquis* 177/178, 2015.

INFORMES Y DOCUMENTOS OFICIALES

- Naciones Unidas. "Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2019". Nueva York, 2019.
- Naciones Unidas. "ODS7: Energía asequible y no contaminante: ¿Por qué es importante?".
- Naciones Unidas. "ODS11: Ciudades sostenibles: ¿Por qué son importantes?".
- WWF. "Resumen. Potencial de Ahorro energético y de reducción de Emisiones de CO₂ del Parque residencial existente en España en 2020". Madrid, 2010.
- Diario Oficial de la Unión Europea. "Directiva (UE) 2018/844 del Parlamento Europeo y del Consejo". 2018
- Ministerio de transportes, movilidad y agenda urbana. "Estrategia a largo plazo para la rehabilitación energética en el sector de la edificación en España, actualización 2020". Madrid, 2020

RECURSOS WEB

- Our World in Data. "Annual CO₂ emissions from fossil fuels, by world region". Accedido 15 de septiembre, 2022.
<https://ourworldindata.org/grapher/annual-co-emissions-by-region?time=1800..latest>
- CDE. "Combinación energética de la UE y dependencia de las importaciones" Accedido 15 septiembre, 2022.
<https://www.cde.ual.es/combinacion-energetica-de-la-ue-y-dependencia-de-las-importaciones>
- ONU Objetivos de desarrollo sostenible. "ODS 11. Ciudades y comunidades sostenibles". Accedido 15 de septiembre, 2022
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/>
- Noticias ONU. "Foro urbano: las ciudades son esenciales para construir un futuro más inclusivo y sostenible". Accedido 15 de septiembre, 2022
<https://news.un.org/es/story/2022/06/1510932>
- ONU Objetivos de desarrollo sostenible. "Las ciudades son protagonistas en el combate contra el cambio climático". Accedido 15 de septiembre, 2022.
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/12/las-ciudades-son-protagonistas-en-el-combate-contra-el-cambio-climatico/>
- ONU Objetivos de desarrollo sostenible. "La agenda para el Desarrollo Sostenible". Accedido 15 de septiembre, 2022.
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/>
- ONU Objetivos de desarrollo sostenible. "ODS 7. Energía asequible y no contaminante". Accedido 15 de septiembre, 2022.
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/energy/>
- Noticias ONU. "Las ciudades seguirán creciendo, sobre todo en los países en desarrollo". Accedido 15 de septiembre, 2022.
<https://www.un.org/development/desa/es/news/population/2018-world-urbanization-prospects.html>
- El Orden Mundial. "La dependencia de los combustibles fósiles". Accedido 15 de septiembre, 2022.
<https://elordenmundial.com/mapas-y-graficos/mapa-centrales-gas-petroleo-mundo/>
- El Orden Mundial. "Un tesoro bajo tierra". Accedido 15 de septiembre, 2022.
<https://elordenmundial.com/mapas-y-graficos/el-mapa-de-los-yacimientos-de-petroleo-y-gas-en-el-mundo/>
- WWF. "Informe científico de referencia alerta sobre consecuencias del calentamiento global por encima de 1,5°C". Accedido 15 de septiembre, 2022.
<https://www.wwf.cl/?336251/Informe-cientifico-de-referencia-alerta-sobre-consecuencias-del-calentamiento-global-por-encima-de-15C>
- INE. "Estimación del Parque de Viviendas". Accedido 15 de septiembre, 2022.
<https://www.ine.es/dyngs/IOE/es/operacion.htm?numinv=25006>
- Comisión Europea. "Un pacto verde europeo". Accedido 15 de septiembre, 2022.
https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_es
- Eurostat. "EU Energy mix and import dependency". Accedido 15 de septiembre, 2022.
https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=EU_energy_mix_and_import_dependency&stable=1#EU_energy_dependency_on_Russia
- United Nations, Climate Change. "El Acuerdo de París". Accedido 15 de septiembre, 2022.
<https://unfccc.int/es/acerca-de-las-ndc/el-acuerdo-de-paris>
- Eurostat. "Producción e importaciones de energía". Accedido 15 de septiembre, 2022.
https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy_production_and_imports/es&oldid=508592#Tanto_la_UE_como_sus_Estados_miembros_son_importadores_netos_de_energ%C3.Ada

- The Conversation. "El gas, más que nunca, pieza clave en el tablero geoestratégico mundial". Accedido 15 de septiembre, 2022.
<https://theconversation.com/el-gas-es-mas-que-nunca-pieza-clave-en-el-tablero-geoestrategico-mundial-171250>
- The Conversation. "Población, agua, biodiversidad, energía y alimentación: los pilares de una crisis global". Accedido 15 de septiembre, 2022.
<https://theconversation.com/poblacion-agua-biodiversidad-energia-y-alimentacion-los-pilares-de-una-crisis-global-165912>
- CNN en español. "Los niveles históricos de dióxido de carbono ponen en peligro al planeta". Accedido 15 de septiembre, 2022.
<https://cnnespanol.cnn.com/2013/05/30/los-niveles-historicos-de-dioxido-de-carbono-ponen-en-peligro-al-planeta>
- Velatia Networks. "¿Qué es el pacto verde europeo?". Accedido 15 de septiembre, 2022.
<https://velatianetworks.com/que-es-el-pacto-verde-europeo>
- ONU Objetivos de desarrollo sostenible. "La Asamblea general adopta la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible". Accedido 15 de septiembre, 2022.
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>
- Arquitectura y diseño. "Entrevista a Lacaton & Vassal. La arquitectura sostenible y asequible". Accedido 15 de septiembre, 2022.
https://www.arquitecturaydiseno.es/arquitectura/entrevista-a-lacaton-y-vasal_2568
- Lacaton & Vassal. "Transformación Torre Bois-Le-Petre", "Transformación de 530 viviendas, Grand Parc", "Transformación Torre La Chesnaie". Accedido 15 de septiembre, 2022.
<https://www.lacatonvassal.com/>