

**Diseño de edificios de energía positiva.
Autosuficiencia energética e integración solar fotovoltaica.**

Frente a la actual emergencia climática y la necesidad de una transición hacia un modelo energético sostenible, la arquitectura y el urbanismo deben asumir un papel activo en la búsqueda de soluciones. La progresiva eliminación de las energías fósiles exige que los edificios se conviertan en generadores de su propia energía. Esto implica una planificación estratégica del tejido urbano, donde cada edificio optimice el uso de recursos sostenibles y los equilibre con su entorno inmediato.

El desarrollo de una primera generación de Edificios de Energía Casi Nula (NZEB) a nivel europeo, permite actualmente evaluar sus resultados y extraer lecciones para diseñar Edificios de Energía Positiva (PEB), considerados el siguiente paso hacia la neutralidad climática. Los PEB no solo eliminan el uso de energías fósiles, sino que generan más energía de la que consumen mediante el uso exclusivo de fuentes renovables, principalmente energía solar fotovoltaica.

Este trabajo de investigación analiza 13 edificios de oficinas NZEB y PEB situados en climas oceánicos, todos ellos con datos reales de uso. A partir de esta información, se ha creado una base de datos homogénea para realizar un análisis comparativo. La energía solar fotovoltaica es la estrategia de generación más común en estos edificios debido a su capacidad de integración en la envolvente arquitectónica, lo que ofrece oportunidades tanto técnicas como estéticas.

El objetivo principal de esta investigación es correlacionar parámetros técnicos y energéticos con aspectos arquitectónicos, evaluando su influencia en la fase preliminar del diseño. Se han seleccionado ratios clave para estudiar su aplicabilidad al diseño, proponiendo nuevos indicadores que relacionan la ubicación, el diseño formal de la envolvente, la superficie del edificio, el consumo energético y la capacidad de generación fotovoltaica. La principal contribución de este estudio es el desarrollo de una herramienta de apoyo al diseño basada en datos reales, destinada a la fase inicial de proyectos de PEB. Esta herramienta guía la toma de decisiones arquitectónicas efectivas en la integración de sistemas fotovoltaicos, tanto en cubierta como en fachada. Aspectos como la relación entre la superficie de la fachada, la cubierta y la superficie útil del edificio resultan cruciales para alcanzar la autosuficiencia energética.

Más allá de su función técnica, la energía fotovoltaica tendrá un impacto creciente en el lenguaje arquitectónico contemporáneo, pasando de ser un simple elemento de generación a convertirse en un componente cultural y estético integrado en la arquitectura. El reto para la arquitectura del siglo XXI será diseñar envolventes que no solo respondan a las demandas energéticas, sino que definan una nueva expresión formal acorde con los principios de sostenibilidad y tecnología renovable.

En definitiva, la integración arquitectónica de los sistemas fotovoltaicos no solo transforma el diseño, sino que también crea oportunidades para desarrollar un lenguaje propio de nuestro tiempo, en el que tecnología y diseño sostenible convergen en una nueva visión del entorno construido.

- Índice de contenidos de la tesis doctoral.

0. Abstract	5
0.1. Palabras clave	7
0.2. Bullet points	7
0.3. Tabla de imágenes	8
0.4. Tabla de acrónimos	12
0.5. Listado de tablas	12
1. Introducción	14
1.1. Recorrido personal y motivación	14
2. Arquitectura para la era de la neutralidad climática	21
2.1. Objetivos de sostenibilidad para la arquitectura	21
2.2. Europa hacia la neutralidad climática	25
2.3. Europa hacia los edificios de energía positiva	26
2.4. Los edificios de energía positiva y la fotovoltaica integrada	29
3. Metodología	31
4. Hipótesis y objetivos	36
4.1. Hipótesis	36
4.2. Objetivos	38
5. Resumen y discusión de los resultados.	39
5.1. Edificio Zero: un NZEB de primera generación	39
5.2. Análisis de datos reales de funcionamiento	42
5.3. Selección de casos de estudio	44
5.4. Principales sistemas y estrategias de diseño de los PEB	51
5.5. Autosuficiencia energética a través de sistemas fotovoltaicos	52
5.6. Relaciones entre indicadores energéticos y de diseño arquitectónico	52
5.7. Selección y propuesta de KPIs para PEBs	53
5.8. Marco de aplicación práctica al diseño inicial de un PEB	56
5.9. Próximas líneas de investigación	60
6. Conclusiones	62
7. Fuentes referenciadas	67
8. Artículos publicados	71

- Nota biográfica de máximo 100 palabras con fotografía del autor/a.

Xabier Barrutieta, doctor arquitecto y premio fin de carrera, se formó en España, Alemania y Suiza. Dirige BARRU ARKITEKTURA (www.barruarkitektura.com) y es profesor en la UPV/EHU, especializado en Construcción Sostenible e Innovación. Durante más de 20 años ha realizado numerosos proyectos singulares que han tenido impacto en los campos del diseño urbano y la arquitectura. Su obra ha sido publicada y premiada en medios y revistas de varios países. Los principales campos de investigación son el diseño de edificios de energía positiva y la integración de ecotecnologías que permitan la autosuficiencia energética en los edificios con un diseño integrado y contemporáneo.



- Informe de 300 palabras sobre el proceso de revisión, recorte y adecuación de la tesis académica a la línea editorial de la colección arquia/tesis (carácter divulgativo, estilo narrativo, extensión máxima de 250.000 caracteres y 250 imágenes en buena resolución y libres de derechos de autor o con la gestión de los mismos).

La tesis busca ser aplicable desde una perspectiva contemporánea en el reto climático global, y ahonda en la forma de **conjuguar el diseño de la arquitectura sostenible con las tecnologías y estrategias que la pueden hacer posible**. Todo ello está impulsando el desarrollo de un nuevo lenguaje arquitectónico que debe abrirse al debate tanto entre los profesionales y académicos, como entre el público en general y, por ello, considero que la colección arquia/tesis es una plataforma inmejorable de divulgación.

La investigación se ha realizado por compendio de tres **artículos académicos** publicados en revistas de alto impacto (Q1). Posteriormente, para la presentación de la Tesis se ha realizado una labor integradora, que ha consistido en desarrollar los antecedentes a esta investigación, elaborar con una unión narrativa y redactar las conclusiones globales para todo el trabajo de investigación, que cuenta con 126.000 caracteres. Todo el trabajo incluyendo los artículos suma 413.000 caracteres. Actualmente la tesis cuenta con 61 imágenes y 20 tablas. Las imágenes, dibujos y gráficos que se incluyen son propios en gran medida, y en particular los del edificio Zero, del que se cuenta con abundante información en las fases de diseño, obra y uso. Debería gestionarse los derechos de uso de las imágenes que ilustran los edificios casos de estudio. Los datos energéticos, climáticos y geométricos que se utilizan en la investigación provienen de fuentes académicas.

Para adecuarla a la línea editorial de arquia/tesis considero que, se podría completar la parte narrativa de la tesis original ampliándola con el material que está más desarrollado en los artículos. De esta forma se conformaría **una tesis que combina la parte arquitectónica-proyectual de los edificios de energía positiva con la tecnológica, en una misma narrativa orientada a la divulgación**. Con todo ello, creo que tanto la parte introductoria que fija las bases conceptuales y la motivación de la investigación, como las conclusiones son significativas y suscitarán interés en el público objetivo.