

Microrredes eléctricas alimentadas con Energía Solar

Electrical microgrids powered by Solar Energy

 **Manuel Alexander Arrelucea Arana**

Universidad Tecnológica Perú, Perú

 **Kevin Paul Del Mar Mini**

Universidad Tecnológica Perú, Perú

 **Christian Omar Larrea Cerna**

Universidad Tecnológica Perú, Perú

 **Oscar Xavier Calvo Neira**

Universidad Tecnológica Perú, Perú

RESUMEN

El artículo explora la evolución de las fuentes de energía desde la biomasa hasta la actualidad, resaltando la relación histórica entre humanos y naturaleza. El carbón impulsó la Revolución Industrial, con impactos negativos, la actual prioridad global es la transición a energías más sostenibles. Se sugiere el uso de microrredes distribuidas para generar energías renovables, brindando beneficios financieros y socioeconómicos. Las microrredes, esenciales en redes inteligentes, optimizan confiabilidad y costos, gestionando fuentes híbridas y almacenamiento.

La integración eficaz de energía solar en microrredes es crucial, respaldada por investigaciones con redes neuronales. Microrredes de corriente continua representan un avance. Desde la perspectiva financiera, se analiza la electrificación rural y la "tecnología blanda" solar, con énfasis en la influencia de "Startups" (es una empresa de nueva creación que gracias a su modelo de negocio escalable y al uso de las nuevas tecnologías, tiene grandes posibilidades de crecimiento) en la descarbonización, por ejemplo, en la India, donde se ha venido probando el uso de paneles fotovoltaicos obteniendo buenos resultados. La predicción precisa de irradiancia solar mediante redes neuronales recurrentes es vital para optimizar microrredes solares, con un enfoque en comunidades remotas. En resumen, el artículo destaca la importancia actual de fuentes sostenibles, proponiendo enfoques para desafíos técnicos, financieros y socioeconómicos, con énfasis en microrredes y gestión de energía.

Palabras clave: Biomasa, carbón, microrredes, energía solar, transición sostenible.

ABSTRACT

The article explores the evolution of energy sources from biomass to today's sustainable ones, emphasizing the historical relationship between humans and nature. Although coal drove the Industrial Revolution, with negative impacts, the current global priority is the transition to more sustainable energies. It suggests the use of distributed microgrids to generate energy, promoting investments in renewables and providing financial and socioeconomic benefits. Microgrids, essential in smart grids, optimize reliability and costs, managing hybrid sources and storage.

Efficient integration of solar energy in microgrids is crucial, backed by research with neural networks. Direct current microgrids represent a breakthrough. From the financial perspective, rural electrification and solar "soft technology" are analyzed, with emphasis on the influence of "Startups" (a newly created company that, thanks to its scalable business model and the use of new technologies, has great growth possibilities) in decarbonization, as for example, in India, where the use of photovoltaic panels has been tested with good results. Accurate prediction of solar irradiance using recurrent neural networks is vital for optimizing solar microgrids, with a focus on remote communities. In summary, the article highlights the current importance of the transition to sustainable sources, proposing approaches to technical, financial and socioeconomic challenges, with emphasis on microgrids and energy management.

Keywords: Biomass, coal, microgrids, solar energy, sustainable transition.

INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia, los seres humanos han aprovechado fuentes de energía renovable, como la quema de biomasa, que incluye madera, matorrales, hojas y materia animal, para obtener luz y calor. Aunque la biomasa puede parecer ineficiente en comparación con la tecnología moderna, su uso inicial destaca la conexión profunda entre los humanos y el mundo natural. Sin embargo, en el siglo XVII, el carbón se convirtió en una fuente de energía ampliamente utilizada debido a su eficiencia y aportó al inicio de la Revolución Industrial en Europa y América del Norte en la década de 1760. A pesar de sus ventajas, el carbón también presentó problemas de contaminación y peligro para la salud. La búsqueda de fuentes de energía adicionales continuó hasta el presente, la búsqueda de soluciones energéticas sostenibles ha sido un desafío constante. Actualmente, la transición hacia fuentes de energía más sostenibles se ha convertido en una prioridad global (Liu et al., 2023). Esto se debe a la creciente demanda energética y a la urgente necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. No obstante, esta transición no está exenta de desafíos, especialmente en entornos urbanos con densidades poblacionales altas, donde factores como el fenómeno de la isla de calor urbano y fenómenos climáticos extremos pueden afectar la eficiencia de los sistemas de energía renovable (Perera et al., 2023; Wang et al., 2023).

Frente a estos desafíos, la generación de energía a partir de fuentes renovables distribuidas se presenta

como una solución viable (Mengelkamp, 2018). La comercialización local de energía en mercados de microrredes, involucrando a consumidores y prosumidores, no solo fomenta la inversión en generación renovable, sino también ofrece incentivos financieros y socioeconómicos para la integración local de la energía renovable.

Para abordar estos retos, las microrredes desempeñan un papel fundamental (Rahbar et al., 2018). Estas microrredes son componentes esenciales de las redes inteligentes y pueden ser una solución atractiva para la transición a fuentes de energía renovable (Murty et al., 2020). La gestión eficiente de microrredes, que combinan fuentes híbridas y sistemas de almacenamiento en baterías, es esencial para garantizar la seguridad energética y reducir las emisiones.

La evaluación de los recursos energéticos renovables en sistemas de microrredes subraya la optimización de la confiabilidad y el ahorro de costos, así como su impacto ambiental positivo (Adefarati & Bansal, 2019). El dimensionamiento óptimo en sistemas de microrredes híbridos eólico/solar/batería también se presenta como una solución importante (Akram et al., 2018). La gestión energética en microrredes y la programación óptima de microrredes basadas en energías renovables son temas centrales que requieren enfoque y atención (Zhao et al., 2018; Luo et al., 2018).

Además, se ha destacado la importancia de estrategias para determinar el tamaño óptimo del almacenamiento de energía en microrredes (Liu et al., 2018). El comercio de energía entre pares en microrredes virtuales también se ha convertido en un enfoque relevante (Anoh et al., 2020). La electrificación rural en países en desarrollo ha sido un tema clave, con propuestas específicas para abordar los desafíos de estas regiones (Nasir et al., 2018).

La integración efectiva y eficiente de la energía solar en las microrredes es esencial para la transición hacia un futuro energético sostenible. Esto ha llevado a investigaciones que utilizan redes neuronales artificiales para predecir con precisión la generación de energía fotovoltaica (Rodríguez et al., 2018). La gestión energética en microrredes, que involucra la toma de decisiones basada en múltiples agentes, y el almacenamiento de energía en baterías son aspectos cruciales que requieren atención (Foruzan et al., 2018; Dhundhara et al., 2018).

La gestión de microrredes, incluida la relevancia de los sistemas de gestión de microrredes (MGMS), ha sido subrayada como parte integral de la transición energética (Cheng, 2018). Además, las microrredes de corriente continua se han destacado por su compatibilidad con fuentes de energía de Corriente Continua, representando un avance significativo en la integración de energías renovables (Al-Ismail et al., 2021).

Considerando la perspectiva financiera, la electrificación de áreas rurales y la atención a la "tecnología blanda" en el ámbito solar son temas fundamentales (Agutu et al., 2022; Klemun et al., 2023). Además, se ha observado la influencia de "Startups" de tecnología energética baja en carbono en la descarbonización de regiones, como en la India (Krishna et al., 2022).

En términos de fiabilidad y gestión de microrredes, se han evaluado estrategias de gestión de interrupciones en sistemas de múltiples microrredes (Farzin et al., 2018). El comercio de energía en microrredes también ha sido objeto de innovación (Jadhav, 2018).

La predicción precisa de la irradiancia solar ha sido resaltada como crucial para optimizar las microrredes alimentadas por energía solar (Husein & Chung, 2019). Esto ha llevado a la consideración de modelos innovadores basados en redes neuronales recurrentes. También se ha destacado el potencial de las

microrredes en comunidades remotas, con un enfoque en la planificación y desarrollo de microrredes en áreas menos accesibles (Akinyele et al., 2018). La provisión de energía en regiones afectadas por conflictos ha requerido estrategias innovadoras, enfocándose en la diversificación de fuentes de energía y sistemas eléctricos con redundancias (Spyrou et al., 2019).

En resumen, la finalidad de nuestro trabajo busca abordar la creciente importancia de la transición hacia fuentes de energía más sostenibles en tiempos actuales, a su vez concienciar sobre la necesidad de adoptar fuentes de energía más sostenibles y presentar enfoques y soluciones para abordar los desafíos técnicos, financieros y socioeconómicos en este contexto, con un énfasis en las microrredes y la gestión de la energía.

METODOLOGÍA

En el panorama actual, la transición hacia fuentes de energía más sostenibles es un desafío, especialmente en ciudades con alta densidad poblacional. Los fenómenos climáticos extremos y la desigualdad energética dificultan esta transición.

Una solución posible es la implementación de microrredes eléctricas alimentadas con energía solar. Estas microrredes se compararán con otras alternativas de transición energética para determinar su eficiencia y efectividad. Se espera que esta investigación contribuya a una transición energética sostenible y equitativa en ciudades con alta densidad poblacional.

Con base en la información previamente expuesta, se empleó el enfoque metodológico conocido como PICO. Este método arrojó una respuesta sustancial al planteamiento investigativo, lo que facilitó la identificación del propósito subyacente en el proyecto actual.

Como consecuencia, se pudo proponer una innovadora cadena de valor destinada a la estandarización de procesos y la implementación de acciones efectivas.

Esta estrategia, a su vez, habilitará al investigador para formular las interrogantes cruciales que encaminarán su indagación por la senda adecuada, conduciéndolo así hacia la obtención de los resultados más pertinentes en su área de estudio. Para la selección de los artículos científicos que se usarán para dar respuesta a la pregunta PICO utilizaremos el procedimiento sistemático de selección PRISMA.

Pregunta Picoc

¿Cuál sería el tratamiento adecuado para el uso eficiente de la energía solar y obtener así una fuente de energía sostenible en ciudades con alta densidad poblacional?

Con el propósito de ejecutar de manera efectiva esta metodología, se dará inicio enfocándose en las palabras clave. Estas palabras clave representan términos normalizados que son comunes en proyectos relacionados con energía renovable.

Figura 1*Preguntas PICOC*

Metodología	Palabras clave en español
P	Crecimiento poblacional, Desigualdad energética, Fenómenos climáticos, Eficiencia energética
I	Energía Solar, Implementación, Soluciones energéticas, Microrredes
C	Sostenibilidad, Eficiencia energética, Energías alternativas, Plantas generadoras de energía estándar
O	Sostenibilidad, Cambio climático, Mejores prácticas, Metodología, Eficiencia
C	Densidad poblacional, Desafíos energéticos, Ciudades sostenibles, Transición energética, Políticas públicas, Infraestructura urbana

Fuente: Elaboración propia

Figura 2*Palabras clave*

Metodología	Palabras clave en inglés
P	Urban population growth, Energy inequality, Climatic phenomena, Energy efficiency
I	Solar Energy, Solar Power, Photovoltaic Power Implementation, Energy solutions, Micro-grids
C	Sustainability, Energy efficiency, Alternative energies, Standard power plants
O	Sustainability, Climate change, Best practices, Methodology, Efficiency
C	Population density, Energy challenges, Sustainable cities, Energy transition, Public policies, Urban infrastructure

Una vez que se hayan identificado tanto las palabras clave en español como en inglés, se procederá a combinarlas mediante el empleo de operadores booleanos con el fin de efectuar una búsqueda más precisa en la base de datos Scopus. Los operadores booleanos representan símbolos que se utilizan con el propósito de combinar las palabras clave, lo que

permite obtener resultados más específicos. En particular, el operador "and" se utiliza para fusionar palabras clave que deben estar presentes en todos los resultados obtenidos, mientras que el operador "or" se emplea para combinar palabras clave que pueden o no estar presentes en los resultados, ofreciendo así una mayor flexibilidad en la búsqueda.

Figura 3*Ecuación de búsqueda*

Metodología	Ecuación de búsqueda
P	"Urban population growth" OR "Energy inequality" OR "Climatic phenomena" OR "Energy Efficiency"

I	"Solar Energy" OR "Solar Power" OR "Photovoltaic Power" OR "Implementation" OR "Energy solutions" OR "Micro-grids"
C	"Sustainability" OR "Energy efficiency" OR "Alternative energies" OR "Standard power plants"
O	"Sustainability" OR "Climate change" OR "Best practices" OR "Methodology" OR "Efficiency"
C	"Population density" OR "Energy challenges" OR "Sustainable cities" OR "Energy transition" OR "Public policies" OR "Urban infrastructure"

Fuente: Elaboración propia

Las palabras clave que han sido identificadas en el recuadro superior posibilitan la realización de una búsqueda destinada a obtener información pertinente para la investigación en cuestión.

La búsqueda de artículos científicos en las bases de datos Scopus representa una valiosa fuente de información que se caracteriza por su confiabilidad y alta calidad.

El conjunto de términos presentados en el cuadro superior ofrece la posibilidad de acceder a una amplia cantidad de información relacionada con el tema de investigación.

La exploración de los artículos científicos disponibles en las bases de datos de Scopus se convierte en una fuente de información confiable y segura. Esto se traduce en la creación de una ecuación de búsqueda sólida y efectiva.

Ecuación de búsqueda: "Urban population growth" OR "Energy inequality" OR "Climatic phenomena" OR "Energy Efficiency""Solar Energy" OR "Solar Power" OR "Photovoltaic Power" OR "Implementation" OR "Energy solutions" OR "Micro-grids""Sustainability" OR "Energy efficiency" OR "Alternative energies" OR "Standard power plants""Sustainability" OR "Climate change" OR "Best practices" OR "Methodology" OR "Efficiency""Population density" OR "Energy challenges" OR "Sustainable cities" OR "Energy transition" OR "Public policies" OR "Urban infrastructure".

Criterios de inclusión

- Características: Los artículos deben tratar sobre el uso de energía solar para alimentar microrredes eléctricas en áreas urbanas con alta densidad poblacional.

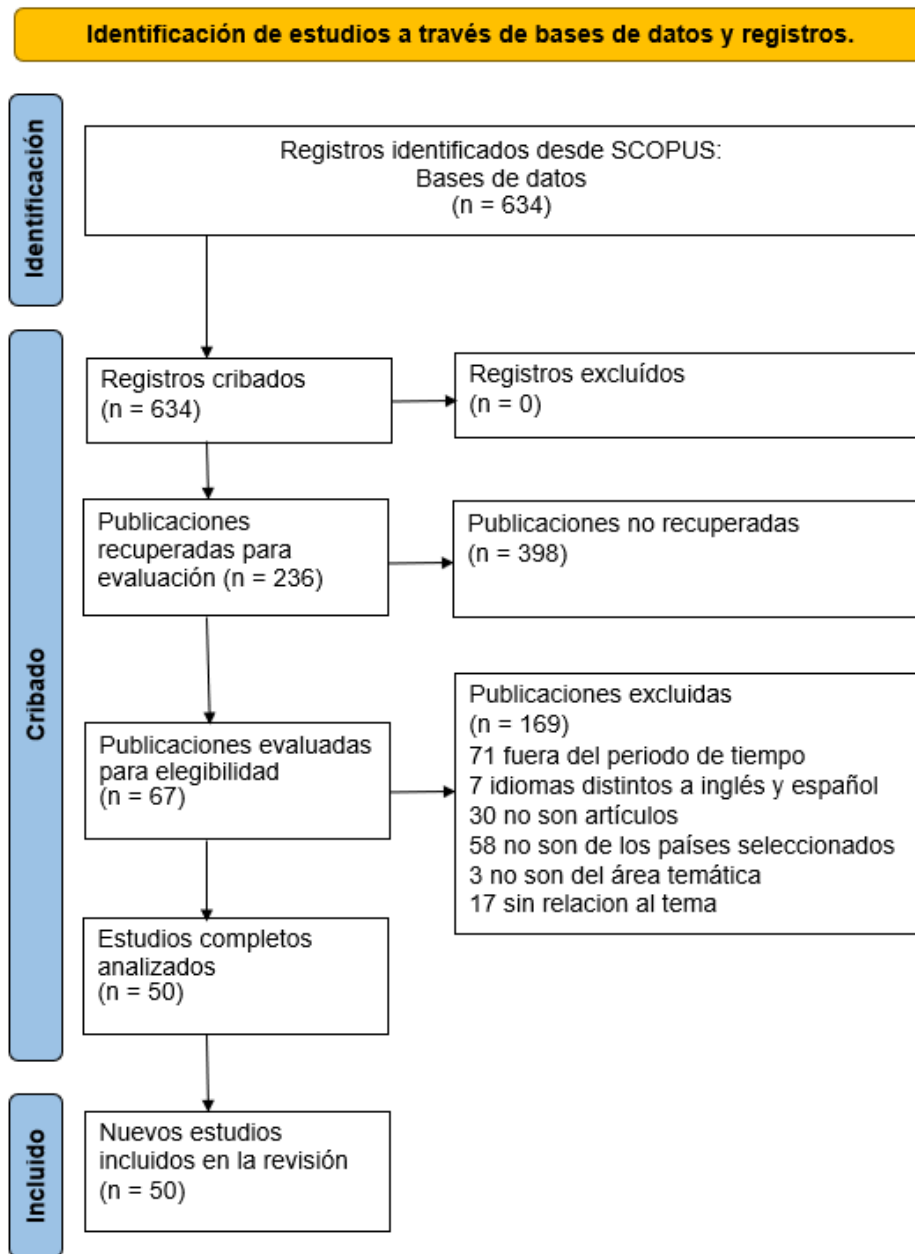
- Diseño y metodología: Los artículos deben presentar un enfoque de investigación claro y una metodología adecuada para abordar el tema.
- Análisis: Los artículos deben ofrecer análisis y resultados relacionados con la implementación de energía solar en microrredes eléctricas en entornos urbanos densamente poblados.
- Límite de acceso: Todos los artículos con acceso abierto.
- Fecha: Artículos publicados en los últimos 4 años (2020-2023).
- Idioma: Artículos en español e inglés.
- País / Territorio: Artículos de Alemania, Italia, España, Reino Unido, Polonia y Estados Unidos.

Criterios de exclusión

- Características: Los artículos que no aborden el uso de energía solar en la alimentación de microrredes eléctricas en áreas urbanas con alta densidad poblacional.
- Diseño y metodología: Los artículos que carezcan de una metodología clara o que no sean relevantes para la investigación.
- Análisis: Los artículos que no ofrezcan un análisis o resultados relacionados con la implementación de energía solar en microrredes eléctricas en entornos urbanos densamente poblados.
- Límite de acceso: Todos los artículos que no cuenten con acceso abierto.
- Fecha: Documentos y/o artículos anteriores al 2020.
- Idioma: Artículos que no estén en español e inglés.
- País / Territorio: Artículos que no sean de Alemania, Italia, España, Reino Unido, Polonia y Estados Unidos.

Figura 4

Diagrama N° 1

**RESULTADOS****a) PICOC 1 ¿Cómo ha influenciado el crecimiento poblacional en el consumo energético de las ciudades con alta densidad?**

En base a la pregunta PICOC 1, se elaboró otras preguntas para poder obtener los resultados de si “Hay efectos positivos o negativos del uso de la Energía Renovable”.

Pregunta 1: ¿Cómo ha influenciado el crecimiento poblacional en el consumo energético de las ciudades con alta densidad?

• Efectos Positivos:

Uso de energía renovable en áreas urbanas densamente pobladas contribuye a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y mejorar la calidad del aire.

Las fuentes de energía renovable, como la energía solar y eólica, se integra en entornos urbanos para abastecer la creciente demanda energética de manera sostenible.

- **Efectos Negativos:**

La implementación de infraestructura para la generación de energía renovable en áreas urbanas densas presenta desafíos logísticos y de espacio.

Los costos iniciales de inversión en energía renovable a nivel urbano son elevados, lo que podría aumentar las cargas financieras en ciudades densamente pobladas.

Pregunta 2: ¿Cómo ha influido el "verdor" de las ciudades en países en desarrollo, específicamente en Ghana?

- **Efectos Positivos:**

La introducción de áreas verdes y proyectos de energía renovable mejoran la calidad de vida en las ciudades y reducir la contaminación del aire y la dependencia de combustibles fósiles.

El "verdor" de las ciudades, incluida la vegetación y la energía renovable, contribuye a la resiliencia urbana y a la sostenibilidad ambiental.

- **Efectos Negativos:**

La implementación de proyectos de "verdor" y energía renovable requiere inversiones significativas de recursos y financiamiento, lo que plantea desafíos económicos en países en desarrollo.

Pregunta 3: ¿Cómo ha influido la implementación de edificios de energía casi nula (NEZB) en la industria de fabricación en la Unión Europea (UE)?

- **Efectos Positivos:**

La implementación de edificios de energía casi nula en la industria reduciría los costos operativos a largo plazo y mejorar la eficiencia energética en la fabricación.

El uso de energía renovable en edificios NEZB puede disminuir la huella de carbono y contribuir a los objetivos de sostenibilidad de la UE.

- **Efectos Negativos:**

La inversión inicial en la construcción y renovación de edificios NEZB son altas, lo que podría requerir recursos financieros significativos.

La transición hacia edificios NEZB implica desafíos técnicos y logísticos en la industria de fabricación.

Pregunta 4: ¿Cómo ha influido la contribución de sistemas fotovoltaicos integrados en edificios (BIPV) a la noción de ciudades de energía casi nula en las capitales de los Estados miembros de la Unión Europea (UE), Noruega y Suiza?

- **Efectos Positivos:**

La integración de sistemas BIPV en edificios aumenta la generación de energía renovable a nivel local, reduciendo la dependencia de fuentes de energía no renovable.

La generación distribuida de energía a través de BIPV mejorara la resiliencia energética en las capitales y contribuir a ciudades de energía casi nula.

- **Efectos Negativos:**

La implementación de sistemas BIPV conlleva costos iniciales de inversión y requerir tecnología y experiencia específicas para su instalación.

La eficacia de los sistemas BIPV varía según las condiciones climáticas y la orientación de los edificios.

Pregunta 5: ¿Cómo ha influido la participación de los ciudadanos en decisiones de energía local en Suiza y Alemania, específicamente en el contexto de las cooperativas energéticas?

- **Efectos Positivos:**

La participación ciudadana en la generación de energía renovable fortalece la aceptación social de proyectos energéticos y fomentar la adopción de fuentes de energía limpias.

Las cooperativas energéticas empoderan a los ciudadanos para contribuir activamente a la transición energética y a la generación de energía renovable a nivel local.

- **Efectos Negativos:**

La participación ciudadana en proyectos de energía renovable requiere una inversión de tiempo y esfuerzo significativa por parte de los ciudadanos, lo que podría limitar la participación.

Los desafíos legales y regulatorios afectan la viabilidad de las cooperativas energéticas y la participación ciudadana en la generación de energía.

Pregunta 6: ¿Cómo ha influido la gestión de la eficiencia energética en empresas en la implementación de tecnologías transversales para lograr ahorro energético?

- **Efectos Positivos:**

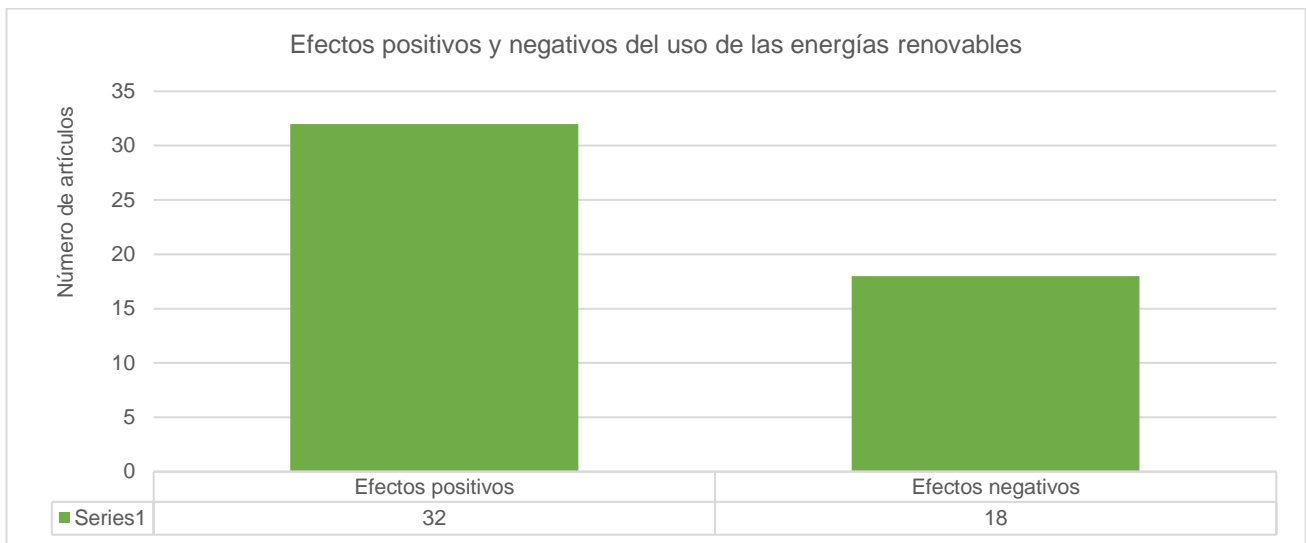
La gestión de la eficiencia energética en empresas conduce a reducciones significativas en los costos

operativos y mejorar la sostenibilidad de las operaciones.

El enfoque en la eficiencia energética fomenta la adopción de tecnologías innovadoras para el ahorro de energía en el entorno empresarial.

- **Efectos Negativos:**

La implementación de tecnologías transversales y la gestión de la eficiencia energética requiere cambios en las operaciones existentes y la inversión en nuevas tecnologías.



Hay efectos positivos o negativos del uso de la Energía Renovable	
Efectos	Nº de artículos
Efectos positivos	32
Efectos negativos	18

b) PICOC 2 ¿Qué alternativas energéticas sostenibles y tecnológicas tenemos actualmente para suministrar energía a ciudades con alta densidad poblacional?

En base a la pregunta PICOC 2, se elaboraron otras preguntas para obtener los resultados de “Sectores donde se ha desarrollado la Energía Sostenible”.

En los estudios proporcionados, se han desarrollado temas relacionados con la energía renovable, la eficiencia energética y la transición hacia fuentes de energía más sostenibles en varios sectores. A continuación, se sintetizan los sectores y temas clave donde se ha abordado el uso de la energía renovable y la eficiencia energética:

- Ciudades Verdes: Aunque el estudio se enfoca en indicadores para ciudades verdes, estas ciudades suelen incluir soluciones de energía renovable y eficiencia energética como parte de su enfoque en la sostenibilidad.
- Industria de Fabricación: Se destaca la eficiencia energética y la transición hacia edificios de energía casi nula (NEZB). Esto puede incluir estrategias como la electrificación, la sustitución de maquinaria obsoleta y el uso de fuentes de energía renovable para reducir las emisiones de carbono.
- Generación de Energía con Sistemas BIPV: Se centra en sistemas fotovoltaicos integrados en

edificios (BIPV), que utilizan la energía solar para la generación de electricidad.

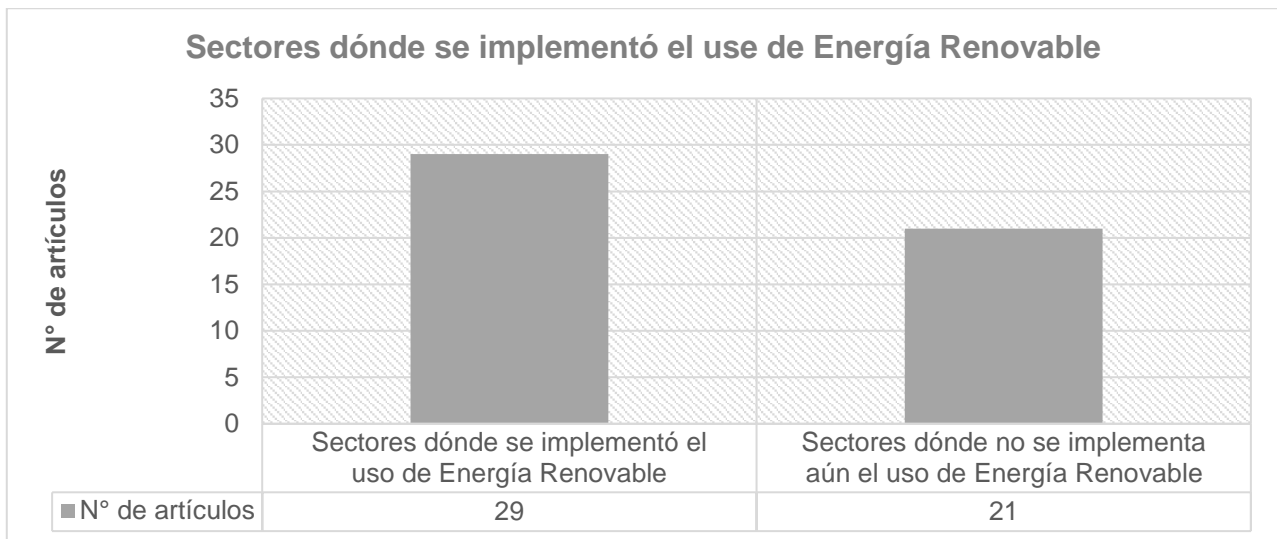
- **Cooperativas Energéticas y Transición Energética:** Se discute la generación de energía a partir de fuentes renovables en el contexto de cooperativas energéticas y la transición hacia una energía más limpia.
- **Sector Empresarial:** El enfoque está en la gestión de la eficiencia energética en empresas para lograr ahorros energéticos, que pueden incluir la implementación de fuentes de energía renovable.
- **Sector Energético de Nigeria:** El estudio se enfoca en la transición hacia una energía más limpia en el sector energético nigeriano, lo que podría involucrar el aumento de la participación de las energías renovables.
- **Gestión de Sistemas de Energía Múltiple:** Se centra en la optimización de la programación de sistemas que involucran múltiples fuentes y usos de energía, incluyendo sistemas de almacenamiento de energía, energía solar, CCHP y vehículos eléctricos.
- **Industria y Transición Energética:** Se aborda la transición hacia una energía más sostenible en la industria, sin especificar tipos de energía, pero destacando la importancia de los indicadores de energía.
- **Edificios Multifamiliares:** Se analiza la implementación de sistemas de energía multienergías en edificios multifamiliares, considerando la generación, consumo y comercio de electricidad y calor.
- **Planificación de Áreas Residenciales Sostenibles:** El estudio se enfoca en la eficiencia energética en la planificación de áreas residenciales sostenibles, sin entrar en detalles sobre tipos de energía.
- **Regeneración Urbana:** Se centra en la regeneración urbana y la infraestructura verde y azul en un contexto urbano, sin mencionar tipos de energía específicos.
- **Sistemas Ciberfísicos y Ciudades Inteligentes:** Se discuten desafíos relacionados con la eficiencia energética en el contexto de sistemas ciberfísicos y ciudades inteligentes.
- **Vulnerabilidad Energética:** Se aborda la vulnerabilidad energética y su relación con la equidad en las políticas de transición energética.
- **Políticas de Divulgación y Evaluación Comparativa Energética:** Se centra en la implementación de políticas de divulgación y evaluación comparativa energética en ciudades de Estados Unidos.
- **Intermediarios Externos y Políticas de Eficiencia Energética:** Se destaca la importancia de los intermediarios externos en la implementación de políticas de eficiencia energética.
- **Esquemas de Facturación para la Eficiencia Energética:** Se desarrollan modelos de negocio de facturación para respaldar la inversión en eficiencia energética, atrayendo capital privado al mercado.
- **Calefacción Urbana Eficiente:** Se examina la viabilidad de un modelo de negocio de calefacción urbana eficiente.
- **Medidas Regionales de Descarbonización:** Se analizan medidas regionales efectivas para limitar el aumento de la temperatura global.
- **Ciudades Inteligentes y Sostenibles:** Se crea un marco de evaluación basado en KPI (Indicador Clave de Desempeño) para medir la sostenibilidad y la inteligencia de las ciudades, que incluye aspectos de eficiencia energética.

En estos sectores, se ha abordado el uso de la energía renovable y la eficiencia energética como parte de los esfuerzos para avanzar hacia fuentes de energía más sostenibles y reducir el impacto ambiental.

Cada estudio se enfoca en aspectos específicos de la transición hacia una energía más limpia y sostenible en su respectivo campo de investigación.

Sectores donde se ha desarrollado la Energía Sostenible

Desarrollo	N° de artículos
Sectores dónde se implementó el uso de Energía Renovable	29
Sectores dónde no se implementa aún el uso de Energía Renovable	21



c) PICOC 3 ¿Cuáles son los beneficios del uso de microrredes eléctricas alimentadas con energía solar frente a las fuentes de energía eléctrica actuales?

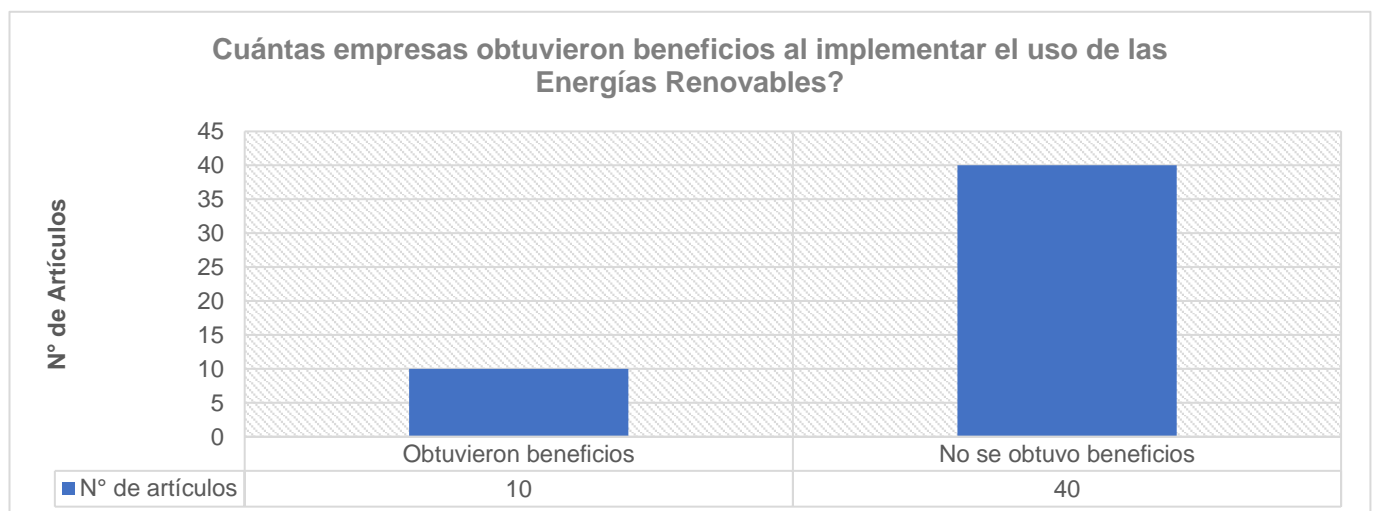
En base a la pregunta PICOC 3, se elaboraron otras preguntas para obtener los resultados de “¿Cuántas empresas obtuvieron beneficios al implementar el uso de las Energías Renovables?”.

Los artículos proporcionados describen diversos estudios e investigaciones relacionados con la

energía, la eficiencia energética, las ciudades sostenibles y otros temas afines. Sin embargo, ninguno de los artículos proporciona información específica sobre cuántas empresas obtuvieron beneficios al implementar el uso de energía renovable. Los artículos se centran en diferentes aspectos y enfoques de la energía y la sostenibilidad, pero no proporcionan datos concretos sobre el número de empresas que se beneficiaron de la implementación de energía renovable.

¿Cuántas empresas obtuvieron beneficios al implementar el uso de las Energías Renovables?

Desarrollo	N° de artículos
Obtuvieron beneficios	10
No se obtuvo beneficios	40



d) PICOC 4 ¿Qué tecnologías existen actualmente para obtener energías limpias?

En base a la pregunta PICOC 4, se elaboró otras preguntas para obtener los resultados de

“¿Cuántas tecnologías existen para implementar el uso de Energías Renovables?”.

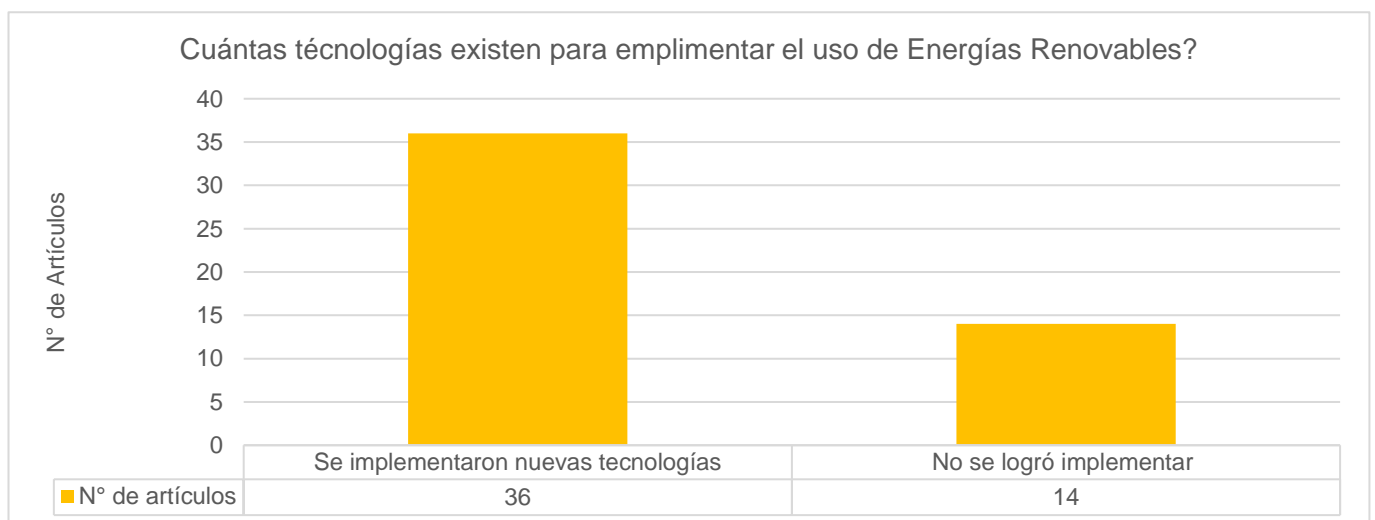
El uso de tecnologías de energías renovables es fundamental para promover la sostenibilidad y

reducir la dependencia de fuentes de energía no renovable. Los estudios destacan diversas tecnologías y enfoques para la implementación de energías renovables en diferentes contextos. Se proporciona una lista de tecnologías y enfoques comunes relacionados con las energías renovables:

- **Energía Solar:** Incluye paneles solares fotovoltaicos para generar electricidad a partir de la luz solar y sistemas de calentamiento solar de agua.
- **Energía Eólica:** Utiliza turbinas eólicas para convertir la energía cinética del viento en electricidad.
- **Energía Hidroeléctrica:** Aprovecha la energía del agua en movimiento, como ríos o corrientes, para generar electricidad.
- **Energía de Biomasa:** Utiliza materiales orgánicos, como residuos agrícolas o madera, para generar electricidad o calor.
- **Energía Geotérmica:** Explora el calor de la Tierra almacenado en el subsuelo para generar electricidad y calefacción.
- **Energía de Residuos:** Convierte residuos sólidos urbanos o industriales en energía mediante la incineración o procesos de conversión.
- **Energía de Residuos Orgánicos:** Utiliza desechos orgánicos para producir biogás o biometano.
- **Redes de Cogeneración:** Genera electricidad y calor simultáneamente a partir de una sola fuente de energía, como gas natural o biomasa.
- **Sistemas de Almacenamiento de Energía:** Almacena energía generada por fuentes renovables para su uso posterior, como baterías y sistemas de almacenamiento térmico.
- **Tecnologías de Eficiencia Energética:** Incluyen medidas de eficiencia energética, como iluminación LED, sistemas de aislamiento y gestión de la demanda.
- **Redes Inteligentes (Smart Grids):** Permiten la gestión eficiente y la integración de energías renovables en la red eléctrica.
- **Edificios de Energía Casi Nula (NEZB):** Diseñados para minimizar el consumo de energía y maximizar el uso de energías renovables.
- **Sistemas de Generación Distribuida:** Fomentan la generación de energía renovable a nivel local, como paneles solares en techos de edificios.
- **Energía de Carreteras:** Utiliza tecnologías como paneles solares en carreteras o sistemas de recuperación de energía de la carretera.
- **Tecnologías para la Flexibilidad Energética:** Incluyen sistemas de almacenamiento y gestión de la demanda para optimizar la utilización de energías renovables.
- **Energía de Hidrógeno:** Produce hidrógeno a partir de fuentes renovables para su uso como combustible.

¿Cuántas tecnologías existen para implementar el uso de Energías Renovables?

Desarrollo	Nº de artículos
Se implementaron nuevas tecnologías	36
No se logró implementar	14



DISCUSIÓN

La discusión sobre los efectos de la energía renovable me lleva a una encrucijada en la que se encuentran los beneficios medioambientales y los retos económicos. Mi postura se inclina favorablemente hacia la adopción de energías renovables, considerando los beneficios a largo plazo y la necesidad imperante de mitigar los efectos del cambio climático.

Los efectos positivos de las energías renovables son claros y variados. Reducen nuestra dependencia de los combustibles fósiles, disminuyen las emisiones de gases de efecto invernadero y promueven una mejor calidad del aire, lo que es crucial para las áreas urbanas densamente pobladas. Además, la capacidad de estas energías para generar resiliencia local y fomentar la sostenibilidad es evidente en la creciente tendencia de cooperativas energéticas y edificios con consumo neto de energía cero (NEZB). Esto no solo mejora la eficiencia energética, sino que también puede reducir significativamente los costos operativos a largo plazo.

Sin embargo, no se pueden ignorar los retos. La inversión inicial y los costos de implementación pueden ser prohibitivos, y los desafíos logísticos y técnicos representan obstáculos significativos. No obstante, estos no deberían ser vistos como barreras insuperables, sino como desafíos a superar con políticas inteligentes, incentivos y la promoción de tecnologías más eficientes y asequibles.

La transición hacia la energía renovable no es solo una cuestión de implementación tecnológica, sino también de cambio social y económico. Las empresas que adoptan estas energías están invirtiendo en su futuro, posicionándose como líderes en sostenibilidad y eficiencia. Aunque faltan datos concretos sobre los beneficios empresariales, es evidente que hay un impulso positivo hacia la adopción de estas tecnologías.

En última instancia, la adopción de energías renovables es una pieza clave en el rompecabezas de nuestro futuro sostenible. La innovación continua en tecnologías de energías renovables, como la solar y la eólica, así como los sistemas de almacenamiento de energía, son fundamentales para una transición energética exitosa. Debemos abordar los desafíos con políticas proactivas y apoyar la investigación y el desarrollo que faciliten la integración de estas energías en todos los sectores de la sociedad. Esta es una

inversión no solo en tecnología, sino en un planeta más limpio y un futuro económico más estable.

Ahora abordaré la discusión general de los resultados donde se subraya una tendencia positiva hacia la adopción de la energía renovable, con un énfasis claro en los beneficios a largo plazo a pesar de los desafíos iniciales.

Los sectores variados en los que se ha desarrollado la energía sostenible muestran un compromiso creciente con la transición energética. Sin embargo, la falta de datos específicos en algunas áreas también destaca la necesidad de más investigaciones y análisis detallados para optimizar estrategias y políticas energéticas.

El conocimiento acumulado y las experiencias documentadas pueden informar mejor las prácticas y las decisiones políticas para apoyar un futuro energético más sostenible y equitativo.

Efectos de la Energía Renovable (PICOC 1)

Efectos Positivos:

La implementación de energías renovables, en general, tiene un impacto positivo significativo en diferentes contextos. Por ejemplo, en áreas urbanas de alta densidad, contribuye a la reducción de gases de efecto invernadero y mejora la calidad del aire. En la industria de fabricación, los NEZB pueden reducir costos operativos y mejorar la eficiencia energética. Los sistemas BIPV y la participación ciudadana en cooperativas energéticas destacan la capacidad de la energía renovable para fomentar la resiliencia y la sostenibilidad a nivel local.

Efectos Negativos:

Los efectos negativos se relacionan principalmente con la inversión inicial y los desafíos técnicos y logísticos. Estos retos son considerables, pero no insuperables, y deben ser vistos como obstáculos iniciales en el camino hacia la transición energética. Por ejemplo, los desafíos de espacio en las ciudades densas y los costos de inversión pueden mitigarse a través de políticas de apoyo y avances en tecnologías más compactas y rentables.

Desarrollo de la Energía Sostenible en Sectores (PICOC 2)

Los resultados muestran que la energía sostenible se ha desarrollado en una variedad de sectores, desde ciudades verdes hasta la industria manufacturera y el

sector empresarial. Esto demuestra la versatilidad y la aplicabilidad de las energías renovables en distintos entornos. La variada implementación también resalta la transversalidad de la energía sostenible como una solución integrada a los problemas de sostenibilidad contemporáneos.

Beneficios para las Empresas al Implementar Energías Renovables (PICOC 3)

Aunque no se proporcionan cifras específicas sobre las empresas que han obtenido beneficios, el impacto positivo en diversos sectores sugiere que las empresas que adoptan energías renovables pueden esperar beneficios a largo plazo, como la reducción de costos y la mejora de la sostenibilidad operativa.

La falta de datos concretos indica una oportunidad para futuras investigaciones que cuantifiquen los beneficios empresariales de las energías renovables.

Tecnologías de Energías Renovables (PICOC 4)

La diversidad de tecnologías para implementar el uso de energías renovables es notable y refleja una innovación continua en el sector. Desde la energía solar y eólica hasta sistemas de almacenamiento de energía y edificios NEZB, hay una amplia gama de soluciones disponibles. El número de artículos que informan sobre la implementación de nuevas tecnologías ilustra un impulso hacia la innovación y la adopción de energías renovables.

La discusión basada en los resultados revela tendencias importantes y desafíos en el ámbito de la energía renovable y sostenible. Los hallazgos pueden interpretarse para abordar preguntas clave en el sector energético y proporcionar una visión del impacto actual de las energías renovables.

CONCLUSIONES

El estudio demuestra que la implementación de microrredes alimentadas con energía solar es una solución eficiente y sostenible para enfrentar los desafíos energéticos en ciudades con alta densidad poblacional. Estas microrredes no solo contribuyen a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, sino que también fomentan la independencia energética y la resiliencia frente a fenómenos climáticos extremos. El análisis realizado indica un impacto positivo significativo de la energía renovable en múltiples sectores, desde la industria de fabricación hasta la gestión empresarial, destacando su

capacidad para mejorar la eficiencia energética y reducir costos operativos a largo plazo.

El estudio subraya la importancia de la continua innovación tecnológica en el campo de las energías renovables, incluyendo el desarrollo de sistemas de almacenamiento de energía, edificios de energía casi nula (NEZB) y la integración de tecnologías como los sistemas fotovoltaicos integrados en edificios (BIPV). A pesar de los desafíos iniciales relacionados con la inversión y la logística, el análisis concluye que los beneficios a largo plazo y la viabilidad de estas tecnologías son claros. Sin embargo, también destaca la necesidad de políticas de apoyo y de un marco regulatorio que facilite la adopción de estas tecnologías, especialmente en el contexto de la descarbonización y la transición hacia un futuro energético más sostenible.

El estudio recomienda intensificar la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías en energías renovables y optimizar las ya existentes. Es fundamental reforzar las políticas públicas y los incentivos económicos para promover la adopción de estas energías, tanto en el ámbito público como en el privado. Se enfatiza la importancia de una mayor participación ciudadana en decisiones energéticas para aumentar la aceptación de proyectos renovables. Además, se subraya la necesidad de investigaciones adicionales que evalúen con precisión los beneficios empresariales y socioeconómicos de las energías renovables, para guiar de manera efectiva las políticas y estrategias de inversión futuras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Adefarati, T., & Bansal, R. C. (2019). Reliability, economic and environmental analysis of a microgrid system in the presence of renewable energy resources. *Applied Energy*, 236, 1089–1114. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.12.050>
- [2] Agutu, C., Egli, F., Williams, N. J., Schmidt, T. S., & Steffen, B. (2022). Accounting for finance in electrification models for sub-Saharan Africa. *Nature Energy*, 7(7), 631–641. <https://doi.org/10.1038/s41560-022-01041-6>
- [3] Akinyele, D., Belikov, J., & Levron, Y. (2018). Challenges of microgrids in remote communities: A STEEP model application. *Energies*, 11(2), 432. <https://doi.org/10.3390/en11020432>
- [4] Akram, U., Khalid, M., & Shafiq, S. (2018). Optimal sizing of a wind/solar/battery hybrid grid-connected microgrid system. *IET Renewable Power Generation*, 12(1), 72–80. <https://doi.org/10.1049/iet-rpg.2017.0010>
- [5] Al-Ismail, F. S. (2021). DC microgrid planning, operation, and control: A comprehensive review. *IEEE access: practical innovations, open solutions*, 9, 36154–36172. <https://doi.org/10.1109/access.2021.3062840>
- [6] Anoh, K., Maharjan, S., Ikpehai, A., Zhang, Y., & Adebisi, B. (2020). Energy peer-to-peer trading in virtual microgrids in smart grids: A game-theoretic approach. *IEEE transactions on smart grid*, 11(2), 1264–1275. <https://doi.org/10.1109/tsg.2019.2934830>
- [7] Cheng, Z., Duan, J., & Chow, M.-Y. (2018). To centralize or to distribute: That is the question: A comparison of advanced microgrid management systems. *IEEE industrial electronics magazine*, 12(1), 6–24. <https://doi.org/10.1109/mie.2018.2789926>
- [8] Dhundhara, S., Verma, Y. P., & Williams, A. (2018). Techno-economic analysis of the lithium-ion and lead-acid battery in microgrid systems. *Energy Conversion and Management*, 177, 122–142. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2018.09.030>
- [9] Farzin, H., Fotuhi-Firuzabad, M., & Moeini-Aghaie, M. (2018). Role of outage management strategy in reliability performance of multi-microgrid distribution systems. *IEEE transactions on power systems: a publication of the Power Engineering Society*, 33(3), 2359–2369. <https://doi.org/10.1109/tpwrs.2017.2746180>
- [10] Foruzan, E., Soh, L.-K., & Asgarpour, S. (2018). Reinforcement learning approach for optimal distributed energy management in a microgrid. *IEEE transactions on power systems: a publication of the Power Engineering Society*, 33(5), 5749–5758. <https://doi.org/10.1109/tpwrs.2018.2823641>
- [11] Husein, M., & Chung, I.-Y. (2019). Day-ahead solar irradiance forecasting for microgrids using a long short-term memory recurrent neural network: A deep learning approach. *Energies*, 12(10), 1856. <https://doi.org/10.3390/en12101856>
- [12] Jadhav, A. M., Patne, N. R., & Guerrero, J. M. (2019). A novel approach to neighborhood fair energy trading in a distribution network of multiple microgrid clusters. *IEEE transactions on industrial electronics* (1982), 66(2), 1520–1531. <https://doi.org/10.1109/tie.2018.2815945>
- [13] Klemun, M. M., Kavlak, G., McNerney, J., & Trancik, J. E. (2023). Mechanisms of hardware and soft technology evolution and the implications for solar energy cost trends. *Nature Energy*, 8(8), 827–838. <https://doi.org/10.1038/s41560-023-01286-9>
- [14] Krishna, H., Kashyap, Y., Dutt, D., Sagar, A. D., & Malhotra, A. (2022). Understanding India's low-carbon energy technology startup landscape. *Nature Energy*, 8(1), 94–105. <https://doi.org/10.1038/s41560-022-01170-y>
- [15] Liu, L., He, G., Wu, M., Liu, G., Zhang, H., Chen, Y., Shen, J., & Li, S. (2023). Climate change impacts on planned supply–demand match in global wind and solar energy systems. *Nature Energy*, 8(8), 870–880. <https://doi.org/10.1038/s41560-023-01304-w>
- [16] Liu, Z., Chen, Y., Zhuo, R., & Jia, H. (2018). Energy storage capacity optimization for autonomy microgrid considering CHP and EV scheduling. *Applied Energy*, 210, 1113–1125. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.07.002>
- [17] Luo, L., Abdulkareem, S. S., Rezvani, A., Miveh, M. R., Samad, S., Aljojo, N., & Pazhoohesh, M. (2020). Optimal scheduling of a renewable based microgrid considering photovoltaic system and battery energy storage under uncertainty. *Journal of Energy Storage*, 28(101306), 101306. <https://doi.org/10.1016/j.est.2020.101306>
- [18] Mengelkamp, E., Gärtner, J., Rock, K., Kessler, S., Orsini, L., & Weinhardt, C. (2018). Designing microgrid energy markets. *Applied Energy*, 210, 870–880. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.06.054>
- [19] Murty, V. V. S. N., & Kumar, A. (2020). RETRACTED ARTICLE: Multi-objective energy management in microgrids with hybrid energy sources and battery energy storage systems. *Protection and Control of Modern Power Systems*, 5(1). <https://doi.org/10.1186/s41601-019-0147-z>
- [20] Nasir, M., Khan, H. A., Hussain, A., Mateen, L., & Zaffar, N. A. (2018). Solar PV-based scalable DC microgrid for rural electrification in developing regions. *IEEE transactions on sustainable energy*, 9(1), 390–399. <https://doi.org/10.1109/tste.2017.2736160>
- [21] Perera, A. T. D., Javanroodi, K., Mauree, D., Nik, V. M., Florio, P., Hong, T., & Chen, D. (2023). Challenges resulting from urban density and climate change for the EU energy transition. *Nature Energy*, 8(4), 397–412. <https://doi.org/10.1038/s41560-023-01232-9>

- [22] Rahbar, K., Chai, C. C., & Zhang, R. (2018). Energy cooperation optimization in microgrids with renewable energy integration. *IEEE transactions on smart grid*, 9(2), 1482–1493. <https://doi.org/10.1109/tsg.2016.2600863>
- [23] Rodríguez, F., Fleetwood, A., Galarza, A., & Fontán, L. (2018). Predicting solar energy generation through artificial neural networks using weather forecasts for microgrid control. *Renewable Energy*, 126, 855–864. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.03.070>
- [24] Spyrou, E., Hobbs, B. F., Bazilian, M. D., & Chattopadhyay, D. (2019). Planning power systems in fragile and conflict-affected states. *Nature Energy*, 4(4), 300–310. <https://doi.org/10.1038/s41560-019-0346-x>
- [25] Wang, Q., Fan, J., Kwan, M.-P., Zhou, K., Shen, G., Li, N., Wu, B., & Lin, J. (2023). Examining energy inequality under the rapid residential energy transition in China through household surveys. *Nature Energy*, 8(3), 251–263. <https://doi.org/10.1038/s41560-023-01193-z>
- [26] Zhao, B., Wang, X., Lin, D., Calvin, M. M., Morgan, J. C., Qin, R., & Wang, C. (2018). Energy management of multiple microgrids based on a system of systems architecture. *IEEE transactions on power systems: a publication of the Power Engineering Society*, 33(6), 6410–6421. <https://doi.org/10.1109/tpwrs.2018.2840055>
- [27] AbdulRafiu, A., Sovacool, B. K., & Daniels, C. (2022). The dynamics of global public research funding on climate change, energy, transport, and industrial decarbonisation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 162. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112420>
- [28] Ampelli, C., Giusi, D., Miceli, M., Merdzhanova, T., Smirnov, V., Chime, U., Astakhov, O., Martín, A. J., Veenstra, F. L. P., Pineda, F. A. G., Galán-Mascarós, J. R., & Perathoner, S. (2023). An artificial leaf device built with earth-abundant materials for combined H₂ production and storage as formate with efficiency > 10%. *Energy and Environmental Science*, 16(4), 1644–1661. <https://doi.org/10.1039/d2ee03215e>
- [29] Arbulu, M., Grijalba, O., & Oregi, X. (2021). Analysis of Energy Retrofit Assessment Methodologies in Buildings by European Research Projects. *Environmental and Climate Technologies*, 25(1), 265–280. <https://doi.org/10.2478/rtuct-2021-0019>
- [30] Bertolini, M. (2022). Energy Efficiency in Urban Context: An Overview of European-Funded Projects with the Analysis of an ELENA Case Study. *Sustainability (Switzerland)*, 14(17). <https://doi.org/10.3390/su141710574>
- [31] Bianco, V., & Sonvilla, P. M. (2021). Supporting energy efficiency measures in the residential sector. The case of on-bill schemes. *Energy Reports*, 7, 4298–4307. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2021.07.011>
- [32] Bianco, V., Sonvilla, P. M., Gonzalez Reed, P., & Villoslada Prado, A. (2022). Business models for supporting energy renovation in residential buildings. The case of the on-bill programs. *Energy Reports*, 8, 2496–2507. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.01.188>
- [33] Braeuer, F., Kleinebrahm, M., Naber, E., Scheller, F., & McKenna, R. (2022). Optimal system design for energy communities in multi-family buildings: the case of the German Tenant Electricity Law. *Applied Energy*, 305. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.117884>
- [34] Breyer, C., Khalili, S., Bogdanov, D., Ram, M., Oyewo, A. S., Aghahosseini, A., Gulagi, A., Solomon, A. A., Keiner, D., Lopez, G., Hoekstra, A., & Sovacool, B. K. (2022). On the History and Future of 100% Renewable Energy Systems Research. *IEEE Access*, 10, 78176–78218. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3193402>
- [35] Brożyna, J., Strielkowski, W., & Zpěvák, A. (2023). Evaluating the Chances of Implementing the “Fit for 55” Green Transition Package in the V4 Countries. *Energies*, 16(6). <https://doi.org/10.3390/en16062764>
- [36] Crupi, F. (2022). Urban Regeneration and Green and Blue Infrastructure: The Case of the “Acilia–Madonna” Urban and Metropolitan Centrality in the Municipality of Rome. *Urban Science*, 6(3). <https://doi.org/10.3390/urbansci6030056>
- [37] Davydenko, L., Davydenko, N., Bosak, A., Bosak, A., Deja, A., & Dzhuguryan, T. (2022). Smart Sustainable Freight Transport for a City Multi-Floor Manufacturing Cluster: A Framework of the Energy Efficiency Monitoring of Electric Vehicle Fleet Charging. *Energies*, 15(10). <https://doi.org/10.3390/en15103780>
- [38] De Rosa, M., Bianco, V., Barth, H., Pereira da Silva, P., Vargas Salgado, C., & Pallonetto, F. (2023). Technologies and Strategies to Support Energy Transition in Urban Building and Transportation Sectors. *Energies*, 16(11). <https://doi.org/10.3390/en16114317>
- [39] Dolores, L., Macchiaroli, M., & De Mare, G. (2022). Financial Impacts of the Energy Transition in Housing. *Sustainability (Switzerland)*, 14(9). <https://doi.org/10.3390/su14094876>
- [40] Dyussebekova, N., Temirgaliyeva, N., Umyshev, D., Shavdinova, M., Schuett, R., & Bektaliev, D. (2022). Assessment of Energy Efficiency Measures’ Impact on Energy Performance in the Educational Building of Kazakh-German University in Almaty. *Sustainability (Switzerland)*, 14(16). <https://doi.org/10.3390/su14169813>
- [41] Englberger, S., Abo Gamra, K., Tepe, B., Schreiber, M., Jossen, A., & Hesse, H. (2021). Electric vehicle

- multi-use: Optimizing multiple value streams using mobile storage systems in a vehicle-to-grid context. *Applied Energy*, 304. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.117862>
- [42] Figueiredo, A., Rebelo, F., Castanho, R. A., Oliveira, R., Lousada, S., Vicente, R., & Ferreira, V. M. (2020). Implementation and challenges of the passive house concept in Portugal: Lessons learnt from successful experience. *Sustainability (Switzerland)*, 12(21), 1–20. <https://doi.org/10.3390/su12218761>
- [43] Franco, A., Miserocchi, L., & Testi, D. (2023). Energy Indicators for Enabling Energy Transition in Industry. *Energies*, 16(2). <https://doi.org/10.3390/en16020581>
- [44] García-Fuentes, M. Á., Antolín, J., de Torre, C., Pérez, A., Tomé, I., Mirantes, M. L., López, F., Martín, J., & Gómez, J. (2021). Evaluation of results of city sustainable transformation projects in the fields of mobility and energy efficiency with real application in a district in valladolid (Spain). *Sustainability (Switzerland)*, 13(17). <https://doi.org/10.3390/su13179683>
- [45] Gholami, H., Røstvik, H. N., & Steemers, K. (2021). The contribution of building-integrated photovoltaics (Bipv) to the concept of nearly zero-energy cities in europe: Potential and challenges ahead. *Energies*, 14(19). <https://doi.org/10.3390/en14196015>
- [46] Herce, C., Biele, E., Martini, C., Salvio, M., & Toro, C. (2021). Impact of energy monitoring and management systems on the implementation and planning of energy performance improved actions: An empirical analysis based on energy audits in italy. *Energies*, 14(16). <https://doi.org/10.3390/en14164723>
- [47] Hou, W., Liu, Z., Ma, L., & Wang, L. (2020). A Real-Time Rolling Horizon Chance Constrained Optimization Model for Energy Hub Scheduling. *Sustainable Cities and Society*, 62. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102417>
- [48] Hove, A. (2023). Synergies between China's Whole County photovoltaic program and rural heat pump adoption. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment*, 12(5). <https://doi.org/10.1002/wene.488>
- [49] Kinelski, G., Stechly, J., & Bartkowiak, P. (2022). Various Facets of Sustainable Smart City Management: Selected Examples from Polish Metropolitan Areas. *Energies*, 15(9). <https://doi.org/10.3390/en15092980>
- [50] Kittner, N., Castellanos, S., Hidalgo-Gonzalez, P., Kammen, D. M., & Kurtz, S. (2021). Cross-sector storage and modeling needed for deep decarbonization. *Joule*, 5(10), 2529–2534. <https://doi.org/10.1016/j.joule.2021.09.003>
- [51] Kivimaa, P., Primmer, E., & Lukkarinen, J. (2020). Intermediating policy for transitions towards net-zero energy buildings. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 36, 418–432. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2020.01.007>
- [52] Knayer, T., & Kryvinska, N. (2023a). How smart are our companies really? a case study of the current rollout of smart meters in Germany. *Frontiers in Energy Research*, 11. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2023.1223608>
- [53] Knayer, T., & Kryvinska, N. (2023b). The influence of energy management systems on the progress of efficient energy use in cross-cutting technologies in companies. *Energy Efficiency*, 16(3). <https://doi.org/10.1007/s12053-023-10086-9>
- [54] Kochanek, E. (2021). The energy transition in the visegrad group countries. *Energies*, 14(8). <https://doi.org/10.3390/en14082212>
- [55] Koval, V., Borodina, O., Lomachynska, I., Olczak, P., Mumladze, A., & Matuszewska, D. (2022). Model Analysis of Eco-Innovation for National Decarbonisation Transition in Integrated European Energy System. *Energies*, 15(9). <https://doi.org/10.3390/en15093306>
- [56] Koval, V., Olczak, P., Vdovenko, N., Boiko, O., Matuszewska, D., & Mikhno, I. (2021). Ecosystem of environmentally sustainable municipal infrastructure in the Ukraine. *Sustainability (Switzerland)*, 13(18). <https://doi.org/10.3390/su131810223>
- [57] Księżopolski, K., Drygas, M., Pronińska, K., & Nurzyńska, I. (2020). The economic effects of new patterns of energy efficiency and heat sources in rural single-family houses in poland. *Energies*, 13(23). <https://doi.org/10.3390/en13236358>
- [58] Li, P.-H., Pye, S., Keppo, I., Jaxa-Rozen, M., & Trutnevte, E. (2023). Revealing effective regional decarbonisation measures to limit global temperature increase in uncertain transition scenarios with machine learning techniques. *Climatic Change*, 176(7). <https://doi.org/10.1007/s10584-023-03529-w>
- [59] López, A. R., Krumm, A., Schattenhofer, L., Burandt, T., Montoya, F. C., Oberländer, N., & Oei, P.-Y. (2020). Solar PV generation in Colombia - A qualitative and quantitative approach to analyze the potential of solar energy market. *Renewable Energy*, 148, 1266–1279. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.10.066>
- [60] Marchi, L., Felicioni, L., Sabatini, F., & Errante, L. (2023). Exploring Energy Literacy in Italian Social Housing: A Survey of Inhabitants Preparing the Ground for Climate Transition. *Sustainability (Switzerland)*, 15(11). <https://doi.org/10.3390/su15118544>
- [61] Marinelli, S., Gamberini, R., Rimini, B., & Nesi, F. (2021). IMPLEMENTING the NEARLY ZERO-ENERGY BUILDINGS NOTION in INDUSTRIAL FACILITIES. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 254, 151–161. <https://doi.org/10.2495/ESUS210141>

- [62] Márquez-Sobrino, P., Díaz-Cuevas, P., Pérez-Pérez, B., & Gálvez-Ruiz, D. (2023). Twenty years of energy policy in Europe: achievement of targets and lessons for the future. *Clean Technologies and Environmental Policy*. <https://doi.org/10.1007/s10098-023-02543-x>
- [63] Molinos-Senante, M., Maziotis, A., Mocholi-Arce, M., & Sala-Garrido, R. (2022). Estimating energy costs and greenhouse gas emissions efficiency in the provision of domestic water: An empirical application for England and Wales. *Sustainable Cities and Society*, 85. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104075>
- [64] Nardecchia, F., Pompei, L., Egidi, E., Faneschi, R., & Piras, G. (2023). Exergoeconomic and Environmental Evaluation of a Ground Source Heat Pump System for Reducing the Fossil Fuel Dependence: A Case Study in Rome. *Energies*, 16(17). <https://doi.org/10.3390/en16176167>
- [65] Ostapenko, O., Olczak, P., Koval, V., Hren, L., Matuszewska, D., & Postupna, O. (2022). Application of Geoinformation Systems for Assessment of Effective Integration of Renewable Energy Technologies in the Energy Sector of Ukraine. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/app12020592>
- [66] Owusu-Manu, D.-G., Debrah, C., Oduro-Ofori, E., Edwards, D. J., & Antwi-Afari, P. (2020). Attributable indicators for measuring the level of greenness of cities in developing countries: lessons from Ghana. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 19(3), 625–646. <https://doi.org/10.1108/JEDT-06-2020-0257>
- [67] Palomba, V., Borri, E., Charalampidis, A., Frazzica, A., Karellas, S., & Cabeza, L. F. (2021). An innovative solar-biomass energy system to increase the share of renewables in office buildings. *Energies*, 14(4). <https://doi.org/10.3390/en14040914>
- [68] Pardo-Bosch, F., Blanco, A., Mendoza, N., Libreros, B., Tejedor, B., & Pujadas, P. (2023). Sustainable deployment of energy efficient district heating: city business model. *Energy Policy*, 181. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2023.113701>
- [69] Pató, Z., & Mandel, T. (2022). Energy Efficiency First in the power sector: incentivising consumers and network companies. *Energy Efficiency*, 15(8). <https://doi.org/10.1007/s12053-022-10062-9>
- [70] Piselli, C., Salvadori, G., Diciotti, L., Fantozzi, F., & Pisello, A. L. (2021). Assessing users' willingness-to-engagement towards Net Zero Energy communities in Italy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 152. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111627>
- [71] Popovski, E., Ragwitz, M., & Brugger, H. (2023). Decarbonization of district heating and deep retrofits of buildings as competing or synergetic strategies for the implementation of the efficiency first principle. *Smart Energy*, 10. <https://doi.org/10.1016/j.segy.2023.100096>
- [72] Puliafito, A., Tricomi, G., Zafeiropoulos, A., & Papavassiliou, S. (2021). Smart cities of the future as cyber physical systems: Challenges and enabling technologies. *Sensors*, 21(10). <https://doi.org/10.3390/s21103349>
- [73] Quijano, A., Hernández, J. L., Nouaille, P., Virtanen, M., Sánchez-Sarachu, B., Pardo-Bosch, F., & Kneilng, J. (2022). Towards Sustainable and Smart Cities: Replicable and KPI-Driven Evaluation Framework. *Buildings*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/buildings12020233>
- [74] Rey-Hernández, J. M., Rey-Martínez, F. J., Yousif, C., & Krawczyk, D. (2023). Assessing the performance of a renewable District Heating System to achieve nearly zero-energy status in renovated university campuses: A case study for Spain. *Energy Conversion and Management*, 292. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2023.117439>
- [75] Roemer, K. F., & Haggerty, J. H. (2021). Coal communities and the U.S. energy transition: A policy corridors assessment. *Energy Policy*, 151. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.112112>
- [76] Rueda Castellanos, S., & Oregi, X. (2021). Positive Energy District (PED) Selected Projects Assessment, Study towards the Development of Further PEDs. *Environmental and Climate Technologies*, 25(1), 281–294. <https://doi.org/10.2478/rtuect-2021-0020>
- [77] Schmid, B., Meister, T., Klagge, B., & Seidl, I. (2020). Energy Cooperatives and Municipalities in Local Energy Governance Arrangements in Switzerland and Germany. *Journal of Environment and Development*, 29(1), 123–146. <https://doi.org/10.1177/1070496519886013>
- [78] Seddiki, M., Bennadji, A., & Tehami, M. (2020). Barriers to the Adoption of Energy Efficiency Measures in Mostaganem, Algeria. *Journal of Construction in Developing Countries*, 25(2), 39–61. <https://doi.org/10.21315/jcdc2020.25.2.2>
- [79] Shang, L., Dermisi, S., Choe, Y., Lee, H. W., & Min, Y. (2023). Assessing Office Building Marketability before and after the Implementation of Energy Benchmarking and Disclosure Policies—Lessons Learned from Major U.S. Cities. *Sustainability (Switzerland)*, 15(11). <https://doi.org/10.3390/su15118883>
- [80] Shari, B. E., Madougou, S., Ohunakin, O. S., Blechinger, P., Moumouni, Y., Ahmed, A., & Tukur, Y. (2023). Exploring the dynamics of stakeholders' perspectives towards planning low-carbon energy transitions: a case of the Nigerian power sector. *International Journal of Sustainable Energy*, 42(1), 209–235. <https://doi.org/10.1080/14786451.2023.2186147>
- [81] Thielges, S., Olfe-Kräutlein, B., Rees, A., Jahn, J., Sick, V., & Quitzow, R. (2022). Committed to implementing CCU? A comparison of the policy mix

- in the US and the EU. *Frontiers in Climate*, 4. <https://doi.org/10.3389/fclim.2022.943387>
- [82] Todeschi, V., Mutani, G., Baima, L., Nigra, M., & Robiglio, M. (2020). Smart solutions for sustainable cities—the re-coding experience for harnessing the potential of urban rooftops. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(20), 1–27. <https://doi.org/10.3390/app10207112>
- [83] Tristán, A., Heuberger, F., & Sauer, A. (2020). A methodology to systematically identify and characterize energy flexibility measures in industrial systems. *Energies*, 13(22). <https://doi.org/10.3390/en13225887>
- [84] Vergara, F., Barthelemy, G., Aizpurúa, O., Ortega, M. F., & Llamas, B. (2021). Design of a compression process to improve the operational flexibility of compressed air energy storage: FlexiCAES. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 46. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101251>
- [85] von Lüpke, H., & Well, M. (2020). Analyzing climate and energy policy integration: the case of the Mexican energy transition. *Climate Policy*, 20(7), 832–845. <https://doi.org/10.1080/14693062.2019.1648236>
- [86] Wen, C., Lovett, J. C., Kwayu, E. J., & Msigwa, C. (2023). Off-grid households' preferences for electricity services: Policy implications for mini-grid deployment in rural Tanzania. *Energy Policy*, 172. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.113304>
- [87] Weninger, S., Karnebogen, P., Lehmann, S., Menzinger, T., & Reckstadt, M. (2022). Evidence for residential building retrofitting practices using explainable AI and socio-demographic data. *Energy Reports*, 8, 13514–13528. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.10.060>
- [88] Wiehe, J., Von Haaren, C., & Walter, A. (2020). How to achieve the climate targets? Spatial planning in the context of the German energy transition. *Energy, Sustainability and Society*, 10(1). <https://doi.org/10.1186/s13705-020-0244-x>
- [89] Willand, N., Middha, B., & Walker, G. (2021). Using the capability approach to evaluate energy vulnerability policies and initiatives in Victoria, Australia. *Local Environment*, 26(9), 1109–1127. <https://doi.org/10.1080/13549839.2021.1962830>
- [90] Zabalza, I., Gesteira, L. G., & Uche, J. (2022). The impact of building energy codes evolution on the residential thermal demand. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, 44(12). <https://doi.org/10.1007/s40430-022-03898-w>
- [91] Zabihi, N., & Saafi, M. (2020). Recent developments in the energy harvesting systems from road infrastructures. *Sustainability (Switzerland)*, 12(17). <https://doi.org/10.3390/SU12176738>
- [92] Zoller, S., Koepf, E., Nizamian, D., Stephan, M., Patané, A., Haueter, P., Romero, M., González-Aguilar, J., Lieftink, D., de Wit, E., Sizmann, A., & Steinfeld, A. (2022). A solar tower fuel plant for the thermochemical production of kerosene from H₂ and CO₂. *Joule*, 6(7), 1606–1616. <https://doi.org/10.1016/j.joule.2022.06.012>
- [93] Zygmunt, M., & Gawin, D. (2022). Application of the Renewable Energy Sources at District Scale—A Case Study of the Suburban Area. *Energies*, 15(2). <https://doi.org/10.3390/en15020473>