

UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS E INFORMÁTICA
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

“Adopción de soluciones energéticas sostenibles en la industria: retos y oportunidades”

AUTOR:

Bach.: Ramírez Sanguinetti, Alejandro

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO INDUSTRIAL

ASESOR:

Dr. Vegas Gallo, Edwin Agustin

ORCID: 0000-0002-2566-0115

DNI: 02771235

LIMA-PERÚ

2026



UPCI
CAMINO AL ÉXITO

UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS E INFORMÁTICA

INFORME DE SIMILITUD

N°007-2026-UPCI-FCI-REHO-T

A : MG. QUISPE AYQUIPA CESAR ANTONIO
Decano (e) de la Facultad de Ciencias e Ingeniería

DE : MG. HERMOZA OCHANTE, RUBEN EDGAR
Docente Operador del Programa Turnitin

ASUNTO : Informe de evaluación de Similitud de Trabajo de Suficiencia Profesional:
BACHILLER RAMIREZ SANGUINETTI, ALEJANDRO

FECHA : Lima, 30 de marzo de 2026.

Tengo el agrado de dirigirme a usted con la finalidad de informarle lo siguiente:

1. Mediante el uso del programa informático **Turnitin** (con las configuraciones de excluir citas, excluir bibliografía y excluir oraciones con cadenas menores a 20 palabras) se ha analizado el Trabajo de Suficiencia Profesional titulada: **“ADOPCIÓN DE SOLUCIONES ENERGÉTICAS SOSTENIBLES EN LA INDUSTRIA: RETOS Y OPORTUNIDADES”**, presentado por el Bachiller **RAMIREZ SANGUINETTI, ALEJANDRO**.
2. Los resultados de la evaluación concluyen que el Trabajo de Suficiencia Profesional en mención tiene un **ÍNDICE DE SIMILITUD DE 7%** (cumpliendo con el artículo 35 del Reglamento de Grado de Bachiller y Título Profesional UPCI aprobado con Resolución N° 373-2019-UPCI-R de fecha 22/08/2019).
3. Al término análisis, el Bachiller en mención **PUEDA CONTINUAR** su trámite ante la facultad, por lo que el resultado del análisis se adjunta para los efectos consiguientes

Es cuanto hago de conocimiento para los fines que se sirva determinar.

Atentamente,


.....
MG. HERMOZA OCHANTE, RUBEN EDGAR
Universidad Peruana de Ciencias e Informática
Docente Operador del Programa Turnitin

Adjunto:

**Resultado de similitud*

Dedicatoria

Este trabajo académico, quiero dedicárselo a mis padres y a toda mi familia, por su apoyo constante a lo largo de mi formación profesional.

Bach. Ramírez Sanguinetti, Alejandro

Agradecimiento

A través de las presente líneas, quiero presentar mi agradecimiento al todo poderoso, por haberme iluminado para sacar adelante esta gran meta.

Bach. Ramírez Sanguinetti, Alejandro

Declaración de Autoría

Nombres : Alejandro

Apellidos : Ramírez Sanguinetti

Código : 1401000428

DNI : 48062898

Declaro que, soy el autor del trabajo realizado y que es la versión final que he entregado a la oficina del Decanato de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Peruana de Ciencias e Informática.

Asimismo, declaro que he citado debidamente las palabras o ideas de otros autores, refiriendo expresamente el nombre de la obra y página o páginas que me sirvieron de fuente.

Jesús María, marzo del 2026.

ÍNDICE

CARATULA.....	1
INFORME DE SIMILITUD.....	2
DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTO.....	4
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	5
ÍNDICE.....	6
INTRODUCCIÓN.....	7
CAPITULO I: Planificación del Trabajo de Suficiencia Profesional	10
1.1. Título y descripción del trabajo	10
1.2. Objetivo del trabajo	10
1.3. Justificación	14
CAPITULO II: Marco Teórico.....	19
2.1. Definición de sostenibilidad energética.....	19
2.2. Relación entre sostenibilidad energética y desarrollo industrial	21
CAPITULO III: Desarrollo de actividades programadas.....	27
3.1 Reducción de costos operativos a largo plazo	27
3.2. Contribución al cumplimiento de metas climáticas globales	31
CAPITULO IV: Resultados Obtenidos.....	36
CONCLUSIONES	44
RECOMENDACIONES	48
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
ANEXOS.....	61
Anexo 1: Evidencia de similitud digital.....	61
Anexo 2:Autorización de publicación en repositorio.....	65

INTRODUCCIÓN

La transición hacia soluciones energéticas sostenibles en la industria representa uno de los desafíos más apremiantes y complejos del siglo XXI, pero también una fuente inigualable de oportunidades para la competitividad, la innovación y la sostenibilidad global.

La industria, como motor fundamental del desarrollo económico y social, es simultáneamente uno de los principales responsables de las emisiones globales de gases de efecto invernadero (GEI) y del consumo energético mundial. Según la Agencia Internacional de la Energía (IEA, 2026), en 2023 las emisiones globales de CO₂ relacionadas con la energía alcanzaron un récord de 37,4 mil millones de toneladas, siendo el sector industrial responsable de aproximadamente el 25% de dichas emisiones y del consumo energético total [IEA, 2026a] [IEA, 2026b]. Esta realidad sitúa a la industria en el centro de la agenda climática internacional y subraya la urgencia de su descarbonización para limitar el calentamiento global a 1,5°C, conforme a los compromisos del Acuerdo de París (Davis et al., 2020).

El marco normativo internacional ha evolucionado para responder a este reto. El Acuerdo de París (2015) establece metas ambiciosas de reducción de emisiones, mientras que la Agenda 2030, a través del Objetivo de Desarrollo Sostenible 7 (ODS 7), promueve el acceso universal a energía asequible, fiable, sostenible y moderna [Di Vaio et al., 2025]. En el ámbito regional, el Pacto Verde Europeo y la hoja de ruta “Net Zero by 2050” de la IEA delinean estrategias

concretas para alcanzar la neutralidad climática, enfatizando la electrificación, la eficiencia energética y la integración de energías renovables en los procesos industriales [IEA, 2026c] .

Desde una perspectiva teórica, el estudio de la adopción de soluciones energéticas sostenibles en la industria se apoya en marcos conceptuales robustos. El enfoque de los Sistemas de Innovación Tecnológica (TIS) permite analizar cómo actores, instituciones y redes facilitan o dificultan la difusión de tecnologías limpias (Bergek et al., 2008). Por su parte, la Perspectiva Multinivel (PNM) de Geels (2002) explica las transiciones sociotécnicas como procesos de interacción entre nichos de innovación, regímenes establecidos y el contexto macroeconómico y político. La Teoría de la Difusión de Innovaciones de Rogers (2003) aporta claves sobre la velocidad y los factores que inciden en la adopción de nuevas tecnologías en organizaciones industriales. Finalmente, los marcos de sostenibilidad corporativa y el Triple Resultado (TBL) de Elkington (1999) integran las dimensiones económica, social y ambiental en la estrategia empresarial, siendo esenciales para comprender la transformación industrial hacia la sostenibilidad.

No obstante, la transición energética industrial enfrenta retos significativos. Entre las barreras más citadas se encuentran los altos costos iniciales de inversión, la limitada madurez tecnológica de soluciones como el hidrógeno verde y el almacenamiento avanzado, la incertidumbre regulatoria, la resistencia organizacional al cambio y la falta de capacidades técnicas (Sovacool & Hess, 2021; Quail et al., 2025). Sectores como el acero, el cemento y la química

presentan desafíos particulares debido a su alta intensidad energética y la ausencia de alternativas maduras a los combustibles fósiles [Roberts et al., 2025]. Además, la transición puede verse obstaculizada por brechas de inversión, especialmente en economías emergentes, y por la necesidad de políticas públicas estables y de largo plazo (IEA/IRENA, 2023).

Frente a estos desafíos, la literatura reciente documenta oportunidades y beneficios tangibles derivados de la adopción de soluciones energéticas sostenibles. La reducción sostenida del costo nivelado de la electricidad (LCOE) de tecnologías como la solar fotovoltaica y la eólica ha hecho que, en muchos casos, sean más competitivas que las fuentes convencionales (IRENA, 2026). La integración de energías renovables y sistemas de almacenamiento avanzado permite mejorar la eficiencia energética, reducir la dependencia de combustibles fósiles y disminuir la huella de carbono industrial [Papadopoulou et al., 2025]. Además, la transición energética impulsa la creación de empleo, la innovación tecnológica, la sinergia con la economía circular y el acceso a financiamiento verde, fortaleciendo la resiliencia y la competitividad empresarial (IRENA, 2025; Wiser et al., 2017).

A pesar de los avances, persiste una brecha investigativa en la comprensión integral de los factores que facilitan o dificultan la adopción de soluciones energéticas sostenibles en la industria, especialmente en contextos regionales y sectoriales específicos.

CAPITULO I.- Planificación del Trabajo de Suficiencia Profesional

1.1. Título y descripción del trabajo

Título del Trabajo

El presente trabajo de suficiencia profesional lo he titulado: Adopción de soluciones energéticas sostenibles en la industria: retos y oportunidades.

1.2. Objetivo del presente trabajo

La adopción de soluciones energéticas sostenibles en la industria no solo responde a la necesidad de mitigar los efectos del cambio climático, sino que también constituye una estrategia clave para garantizar la competitividad empresarial, la eficiencia operativa y el cumplimiento de las normativas ambientales cada vez más estrictas. En este contexto, los objetivos de esta investigación se estructuran para abordar de manera integral los retos y oportunidades que enfrenta la industria en su transición hacia modelos energéticos sostenibles, considerando tanto las barreras estructurales como las ventajas estratégicas que pueden derivarse de dicha transformación.

Objetivo general

El objetivo principal de esta tesis es analizar los retos y oportunidades asociados a la adopción de soluciones energéticas sostenibles en la industria, con el fin de proponer estrategias que permitan la transición energética en

este sector, promoviendo la sostenibilidad ambiental, la eficiencia económica y el desarrollo tecnológico.

Objetivos específicos

1. Identificar las principales barreras para la adopción de soluciones energéticas sostenibles en la industria.

Este objetivo busca explorar los factores que dificultan la implementación de tecnologías limpias y prácticas sostenibles en el sector industrial. Entre estas barreras se incluyen los altos costos iniciales de inversión, la falta de incentivos gubernamentales, la resistencia organizacional al cambio y la limitada disponibilidad de tecnologías maduras en sectores intensivos en energía, como el acero, el cemento y la química. Además, se analizarán las brechas de conocimiento y capacidades técnicas que afectan la adopción de estas soluciones, especialmente en economías emergentes.

2. Evaluar las oportunidades derivadas de la implementación de soluciones energéticas sostenibles en la industria.

Este objetivo se centra en identificar los beneficios económicos, sociales y ambientales que pueden obtenerse al integrar energías renovables, tecnologías de eficiencia energética y sistemas de almacenamiento avanzado en los procesos industriales. Por ejemplo, la reducción de costos operativos, el acceso a financiamiento verde, la mejora de la reputación corporativa y la contribución a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) son algunas de las oportunidades que se analizarán.

3. Examinar el impacto de las políticas públicas y los marcos regulatorios en la transición energética industrial.

Este objetivo busca analizar cómo las políticas gubernamentales, los incentivos fiscales y los acuerdos internacionales, como el Acuerdo de París, influyen en la adopción de soluciones energéticas sostenibles. Se evaluará la efectividad de instrumentos como subsidios, impuestos al carbono y normativas de eficiencia energética en la promoción de prácticas sostenibles en la industria.

4. Proponer estrategias integrales para superar los retos y maximizar las oportunidades en la transición energética industrial.

A partir del análisis de las barreras y oportunidades identificadas, este objetivo tiene como finalidad desarrollar un conjunto de recomendaciones prácticas y basadas en evidencia para facilitar la adopción de soluciones energéticas sostenibles. Estas estrategias incluirán la promoción de alianzas público-privadas, el fortalecimiento de capacidades técnicas, la inversión en investigación y desarrollo (I+D) y la creación de marcos regulatorios estables y predecibles.

5. Analizar casos de éxito en la implementación de soluciones energéticas sostenibles en la industria.

Este objetivo busca estudiar ejemplos concretos de empresas o sectores industriales que han logrado integrar con éxito tecnologías limpias y prácticas sostenibles en sus operaciones. Se examinarán los factores clave que contribuyeron a su éxito, como la innovación tecnológica, el

liderazgo organizacional y el acceso a financiamiento, con el fin de extraer lecciones aplicables a otros contextos.

6. Explorar el papel de la innovación tecnológica en la transición energética industrial.

Este objetivo se enfoca en analizar cómo las innovaciones tecnológicas, como el hidrógeno verde, los sistemas de captura y almacenamiento de carbono (CCS) y las redes inteligentes, pueden acelerar la transición hacia modelos energéticos sostenibles en la industria. Se evaluará el estado actual de estas tecnologías, sus costos, su viabilidad técnica y su potencial impacto en la reducción de emisiones.

Los objetivos planteados responden a la necesidad de abordar de manera integral los múltiples factores que influyen en la adopción de soluciones energéticas sostenibles en la industria. La transición energética no solo implica un cambio tecnológico, sino también una transformación cultural, económica y política que requiere la colaboración de múltiples actores, desde gobiernos y empresas hasta instituciones académicas y organizaciones de la sociedad civil. Al cumplir con estos objetivos, esta tesis contribuirá a generar conocimiento relevante y aplicable para acelerar la transición energética industrial, promoviendo un desarrollo sostenible y resiliente frente a los desafíos del cambio climático.

1.3. Justificación

Justificación Teórica

La base teórica de la tesis se apoya en marcos conceptuales que explican cómo y por qué ocurren las transiciones hacia la sostenibilidad en los sistemas industriales. En primer lugar, la Perspectiva Multinivel (MLP) de Geels (2002, 2010) es esencial para comprender las transiciones sociotécnicas, ya que describe la interacción entre innovaciones de nicho, regímenes establecidos y presiones del entorno (paisaje), permitiendo analizar cómo las soluciones energéticas sostenibles pueden emerger y consolidarse en la industria frente a estructuras dominantes [Geels, 2002]. Por otro lado, la Teoría de Difusión de Innovaciones de Rogers (2003) aporta una visión sobre los factores que facilitan o dificultan la adopción de nuevas tecnologías, como la ventaja relativa, compatibilidad y complejidad, así como la categorización de los actores industriales según su disposición al cambio [Rogers, 2003]. La Teoría Institucional (DiMaggio & Powell, 1983; Scott, 2014) explica cómo las empresas industriales adoptan prácticas sostenibles no solo por eficiencia, sino también por presiones coercitivas, normativas y miméticas, buscando legitimidad ante reguladores, clientes y la sociedad [DiMaggio & Powell, 1983]; [Scott, 2014]. Finalmente, la Teoría del Desarrollo Sostenible (Brundtland, 1987; Sachs, 2015) proporciona el marco normativo que orienta la acción industrial hacia la satisfacción de las necesidades presentes sin comprometer las futuras, integrando dimensiones económicas, sociales y ambientales [WCED, 1987]; [Sachs, 2015].

Justificación Práctica

Desde una perspectiva práctica, la transición energética industrial responde a desafíos y oportunidades concretas identificadas en la literatura y en informes internacionales. Entre los principales retos destacan los altos costos de inversión (CAPEX), la incertidumbre regulatoria y la madurez tecnológica limitada de soluciones como el hidrógeno verde o la captura de carbono (Bataille et al., 2018; IEA, 2020) [Bataille et al., 2018] ; [AIE, 2020] .Sin embargo, existen oportunidades significativas: la reducción acelerada de costos en energías renovables, el acceso a financiamiento verde y la integración de modelos de economía circular están transformando la viabilidad de la descarbonización industrial (IRENA, 2022; WEF, 2025) [IRENA, 2022] ; [FEM, 2025] .Estudios sectoriales demuestran que la transición energética puede mejorar la competitividad, reducir riesgos regulatorios y abrir nuevos mercados, aunque requiere superar barreras tecnológicas y de gobernanza (Sovacool, 2016; Grubler et al., 2018; Rinaldi et al., 2020) [Sovacool, 2016] ; [Grubler y otros, 2018] ; [Rinaldi et al., 2020] .

Justificación Social

La dimensión social es fundamental para garantizar que la transición energética industrial sea justa, inclusiva y aceptada por la sociedad. El enfoque de justicia energética (Sovacool & Dworkin, 2015; Jenkins et al., 2016) subraya la importancia de distribuir equitativamente los beneficios y cargas, asegurar la participación de todos los actores y reconocer a los grupos vulnerables [Sovacool & Dworkin, 2015] ; [Jenkins y otros,

2016] .La aceptación social de las tecnologías renovables, según Wüstenhagen et al. (2007), depende de factores sociopolíticos, comunitarios y de mercado, siendo crucial para el éxito de proyectos industriales sostenibles [Wüstenhagen et al., 2007] .El marco de la transición justa (Newell & Mulvaney, 2013; McCauley & Heffron, 2018) enfatiza la necesidad de proteger a los trabajadores y comunidades afectadas por el cambio tecnológico, promoviendo políticas que minimicen desigualdades y generen nuevas oportunidades laborales [Newell & Mulvaney, 2013] ; [McCauley y Heffron, 2018] .Finalmente, la alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente el ODS 7 sobre energía asequible y no contaminante, legitima socialmente la transición y la vincula con metas globales de equidad y bienestar (Naciones Unidas, 2015) [Naciones Unidas, 2015] .

Justificación Metodológica

El estudio de la adopción de soluciones energéticas sostenibles en la industria exige enfoques metodológicos robustos y multidimensionales. El método de investigación mixta (Creswell & Creswell, 2018) permite combinar datos cuantitativos (por ejemplo, métricas de consumo energético) y cualitativos (percepciones de actores clave), logrando una visión integral del fenómeno [Creswell & Creswell, 2018] .La metodología de estudio de caso (Yin, 2018) es idónea para analizar en profundidad sectores o empresas específicas, permitiendo comprender los factores contextuales que influyen en la transición [Yin, 2018] .Las revisiones sistemáticas de literatura (Tranfield et

al., 2003) aseguran rigor y transparencia en la síntesis del conocimiento existente, mientras que el Análisis Comparativo Cualitativo (QCA) (Ragin, 2008) facilita la comparación de múltiples casos para identificar condiciones necesarias y suficientes para el éxito [Tranfield et al., 2003]; [Ragin, 2008]. La Evaluación del Ciclo de Vida (LCA) (ISO, 2006) es esencial para cuantificar los impactos ambientales de las soluciones energéticas a lo largo de toda la cadena de valor [ISO, 2006]. Finalmente, el modelado de sistemas energéticos (Lund et al., 2017) y la optimización tecno-económica (Wang et al., 2023) permiten simular escenarios y evaluar la viabilidad de distintas alternativas [Lund et al., 2017]; [Wang y otros, 2023].

Justificación Epistemológica

La epistemología que sustenta la investigación sobre transiciones energéticas industriales es inherentemente transdisciplinaria y sistémica. El pensamiento sistémico (Meadows, 2008) proporciona herramientas para analizar la complejidad, las interdependencias y los bucles de retroalimentación en los sistemas industriales [Meadows, 2008]. La teoría de la complejidad (Geels, 2002; Stirling, 2010) reconoce la naturaleza no lineal y emergente de los procesos de cambio sociotécnico, lo que exige enfoques flexibles y adaptativos [Geels, 2002]; [Stirling, 2010]. El paradigma del conocimiento transdisciplinario (Gibbons et al., 1994; Nicolescu, 2002) enfatiza la integración de saberes científicos, técnicos y experienciales, así como la colaboración entre academia, industria y sociedad para abordar problemas complejos [Gibbons et al., 1994]; [Nicolescu, 2002]. Finalmente, la ciencia en

contextos de incertidumbre (Nowotny, Scott & Gibbons, 2001) subraya la necesidad de enfoques reflexivos y abiertos a la pluralidad de perspectivas, fundamentales para la investigación en sostenibilidad [Nowotny et al., 2001] .

CAPITULO II.- Marco Teórico

2.1. Definición de sostenibilidad energética. –

La sostenibilidad energética constituye un pilar fundamental para el desarrollo sostenible, especialmente en el sector industrial, donde el consumo energético es elevado y las oportunidades de transformación son significativas; el concepto se origina en la definición de desarrollo sostenible propuesta por la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo (Informe Brundtland), que lo describe como “el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades” (WCED, 1987). Esta visión ha sido adoptada y adaptada por organismos internacionales y académicos para abordar los desafíos energéticos contemporáneos.

En el ámbito energético, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) a través del Objetivo de Desarrollo Sostenible 7, define la sostenibilidad energética como el acceso universal a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna, subrayando la importancia de incrementar la proporción de energías renovables y mejorar la eficiencia energética (ONU, 2025). La Agencia Internacional de Energía (AIE) complementa esta visión al enfatizar que la sostenibilidad energética implica la provisión de servicios energéticos de manera asequible, confiable y ambientalmente responsable, apoyando el crecimiento económico y el desarrollo social, mientras se minimizan los impactos negativos sobre el entorno (IEA, 2025).

Desde la perspectiva académica, Dincer (2000) define la sostenibilidad energética como la capacidad de satisfacer las necesidades energéticas presentes sin comprometer las de las generaciones futuras, integrando la eficiencia energética, el uso de fuentes renovables y la protección ambiental. Goldemberg (2007) añade que la sostenibilidad energética requiere la provisión de servicios energéticos de forma ambientalmente benigna, socialmente aceptable y económicamente viable. Por su parte, Sovacool et al. (2021) amplían el concepto al incorporar la equidad social y los derechos laborales, destacando la necesidad de que las políticas energéticas no trasladen los costos a comunidades vulnerables.

La literatura y los organismos internacionales coinciden en que la sostenibilidad energética se estructura en torno a tres dimensiones interdependientes: ambiental, económica y social. La dimensión ambiental se centra en la reducción de emisiones, la conservación de recursos y la minimización de impactos ecológicos (Bilgili et al., 2016; Costa et al., 2019). La dimensión económica aborda la eficiencia, la competitividad de costos y la seguridad energética (Bhatt et al., 2025; Berthe & Turquet, 2023). Finalmente, la dimensión social enfatiza el acceso universal, la equidad y el impacto comunitario, así como la participación y la justicia en la transición energética (Filipović et al., 2022; Handoyo, 2025).

En el contexto industrial, la sostenibilidad energética adquiere matices específicos. Henriques, Catarino y Egreja (2015) la conceptualizan como la adopción sistemática de mejoras en eficiencia energética y la superación de

barreras organizacionales, económicas y conductuales. Palm y Thollander (2010) proponen un enfoque cultural-institucional, donde la eficiencia energética se integra en los valores y prioridades operativas de las organizaciones industriales. La ONUDI (2011) plantea un enfoque de triple resultado, donde la eficiencia energética industrial contribuye simultáneamente a la protección ambiental, la competitividad económica y el bienestar social. La AIE (2026) destaca la necesidad de marcos políticos robustos y de largo plazo que impulsen la innovación y la transición hacia procesos industriales de bajas o nulas emisiones.

En síntesis, la sostenibilidad energética en la industria implica la integración de soluciones tecnológicas, organizacionales y políticas que permiten satisfacer las necesidades energéticas actuales de manera eficiente, equitativa y respetuosa con el medio ambiente, garantizando la resiliencia y competitividad del sector a largo plazo.

2.2. Relación entre sostenibilidad energética y desarrollo industrial. -

La sostenibilidad energética y el desarrollo industrial están profundamente interrelacionados: la transición hacia soluciones energéticas sostenibles es condición indispensable para la competitividad, resiliencia y crecimiento de la industria en el siglo XXI. Este proceso implica superar barreras estructurales, aprovechar oportunidades tecnológicas y garantizar

una transición justa, integrando marcos teóricos y evidencia empírica internacional.

La relación entre sostenibilidad energética y desarrollo industrial se sustenta en diversos marcos teóricos que explican cómo la transformación de los sistemas energéticos puede impulsar, condicionar o reconfigurar la industria moderna. La Teoría de la Modernización Ecológica sostiene que la innovación tecnológica, la regulación ambiental y la reorganización institucional permiten compatibilizar el crecimiento industrial y la sostenibilidad (Geels, 2002; Geels, 2005). Desde la perspectiva de la Ecología Industrial, la industria debe imitar los ciclos cerrados de los ecosistemas, promoviendo eficiencia energética, reciclaje y simbiosis industrial para reducir la huella ecológica (Markard, Raven & Truffer, 2012).

El crecimiento verde plantea que es posible desacoplar el crecimiento económico del consumo de recursos y emisiones, mediante innovación, eficiencia y energías renovables (Stern, 2011). Por su parte, la ventaja competitiva de Porter argumenta que las regulaciones ambientales estrictas pueden estimular la innovación y la eficiencia, generando ventajas competitivas para las industrias que adoptan tecnologías sostenibles (Porter & van der Linde, 1995).

La perspectiva multinivel de transiciones sociotécnicas (Geels, 2002) explica que la transición energética es un proceso complejo donde interactúan nichos de innovación, regímenes industriales y contextos socioeconómicos, determinando el ritmo y la dirección del cambio. Un

concepto central es el “ carbon lock-in ” (Unruh, 2000), que describe cómo las trayectorias tecnológicas e institucionales pueden atrapar a la industria en sistemas energéticos insostenibles, requiriendo intervenciones deliberadas para desbloquear estos regímenes.

La evidencia internacional confirma que la sostenibilidad energética es un motor clave para el desarrollo industrial. Según la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2026), la industria representa el 37% del consumo energético mundial y cerca de una cuarta parte de las emisiones globales de CO₂. Sectores como el acero, cemento y químicos concentran el 70% de estas emisiones, lo que subraya la urgencia de su transformación (IEA, 2026).

La electrificación de procesos, el uso de hidrógeno verde, la eficiencia energética y la integración de energías renovables son estrategias centrales para alcanzar la neutralidad climática en la industria (IEA, 2026; IRENA, 2025). Por ejemplo, Alemania ha implementado políticas de apoyo a la producción de acero con hidrógeno verde y la integración de energías renovables, logrando una participación de 29,2% de energía eólica y 11,2% de solar en su generación eléctrica en 2023 (Springer Nature, 2025). China, por su parte, impulsa la electrificación y la innovación en hidrógeno y CCS, con el objetivo de que el 25% de su consumo energético provenga de fuentes no fósiles en 2030 (Springer Nature, 2025).

La eficiencia energética ofrece ahorros significativos: si todas las empresas igualaran el desempeño de las mejores en su subsector, los

costos energéticos globales podrían reducirse hasta en 600 mil millones de dólares (IEA, 2026). Además, la transición energética genera empleo: en 2022, la eficiencia energética fue la mayor fuente de empleo en el sector energético, con casi 11 millones de puestos de trabajo a nivel mundial (Banco Mundial, 2025).

La adopción de soluciones energéticas sostenibles en la industria enfrenta barreras estructurales relevantes. El lock-in tecnológico limita la flexibilidad para adoptar nuevas tecnologías, perpetuando la dependencia de combustibles fósiles (Unruh, 2000; Grubler et al., 2012). Los altos costos de capital inicial dificultan la inversión, especialmente para las PYMES (ScienceDirect, 2025). Los incentivos divididos (“split incentivos”) y la incertidumbre política y regulatoria desincentivan la adopción de tecnologías limpias (ScienceDirect, 2025; Springer Nature, 2025).

A pesar de los retos, la transición energética abre oportunidades transformadoras. La digitalización y la Industria 4.0 permiten la gestión inteligente de la energía, la optimización de procesos y la reducción de emisiones (Springer Nature, 2024). El hidrógeno verde es clave para descarbonizar industrias intensivas como el acero y el cemento (ScienceDirect, 2025). La economía circular y la simbiosis industrial promueven la reutilización de materiales y la eficiencia colectiva (PMC, 2020); la coordinación de políticas energéticas e industriales, como en el Green Deal Industrial Plan de la UE, es esencial para superar barreras,

fomentar la innovación y garantizar una transición justa (Comisión Europea, 2026).

La transición hacia una industria sostenible tiene profundas implicaciones sociales. La expansión de energías renovables y tecnologías limpias genera empleo y puede contribuir al crecimiento económico, pero también existen riesgos de desplazamiento laboral y desigualdad si no se gestionan adecuadamente los procesos de reconversión (Sovacool, 2024; Sovacool et al., 2021). El concepto de “ transición justa ” enfatiza la necesidad de que la descarbonización industrial se realice de manera equitativa, considerando los derechos y necesidades de los trabajadores y comunidades afectadas (IRENA, 2021; ONUDI, 2025).

Un objetivo central es el desacoplamiento del crecimiento industrial respecto al consumo energético y las emisiones. Stern (2011) y Smil (2010) argumentan que esto es posible mediante eficiencia, electrificación y sustitución de fósiles por renovables. La evidencia muestra que, aunque el desacoplamiento absoluto es desafiante, existen casos exitosos a nivel sectorial y nacional, especialmente cuando se combinan políticas de eficiencia, innovación y precios al carbono (IEA, 2026; Stern, 2011).

En síntesis, la sostenibilidad energética es condición y oportunidad para el desarrollo industrial contemporáneo. La transición hacia soluciones energéticas sostenibles permite a la industria reducir su huella, mejorar su competitividad y contribuir a los objetivos globales de desarrollo ambiental sostenible. Sin embargo, requiere superar barreras estructurales, aprovechar

la innovación tecnológica y garantizar una transición justa e inclusiva. La coordinación de políticas, la inversión en capacidades y la cooperación internacional serán determinantes para lograr una industrialización verde y resiliente.

CAPITULO III.- Desarrollo de actividades programadas

3.1. Reducción de costos operativos a largo plazo. –

La adopción de soluciones energéticas sostenibles en la industria permite una reducción significativa y sostenida de los costos operativos a largo plazo. Este fenómeno se explica por marcos teóricos como las curvas de aprendizaje y las economías de escala, se materializa a través de mecanismos económicos concretos como la disminución del costo nivelado de energía (LCOE), el retorno de inversión (ROI) y el menor costo total de propiedad (TCO), y se evidencia empíricamente en industrias intensivas gracias a políticas públicas, incentivos y casos de éxito empresarial.

La reducción de costos operativos a largo plazo en la industria, derivada de la adopción de soluciones energéticas sostenibles, se sustenta en varios marcos teóricos. Las curvas de aprendizaje demuestran que, a medida que aumenta la experiencia y la capacidad instalada de tecnologías renovables, los costos disminuyen de forma sistemática. Por ejemplo, la energía solar fotovoltaica ha mostrado una tasa de aprendizaje global del 24%, lo que implica que por cada duplicación de la capacidad instalada, el costo nivelado de la electricidad (LCOE) disminuye en ese porcentaje (Bolinger et al., 2022). Las economías de escalada refuerzan este efecto, ya que la producción masiva de paneles solares, turbinas eólicas y baterías reduce los costos unitarios, especialmente en mercados como China, que lidera la fabricación global (IRENA, 2025a).

La teoría de la difusión de innovaciones de Rogers (1962) explica cómo la reducción de costos y la mejora de la competitividad aceleran la adopción de tecnologías sostenibles en la industria, pasando de los primeros adoptantes a la mayoría del mercado (IRENA, 2025a). Por su parte, la hipótesis de Porter sostiene que las regulaciones ambientales estrictas pueden incentivar la innovación y, a largo plazo, reducir los costos operativos al fomentar la eficiencia y el desarrollo tecnológico (Porter & van der Linde, 1995; IRENA, 2025a). Finalmente, el concepto de activos varados advierte que la rápida caída de los costos renovables y la presión regulatoria pueden dejar obsoletos los activos fósiles, generando pérdidas para las empresas que no se adaptan a tiempo (IRENA, 2025b).

La reducción de costos operativos a largo plazo se materializa a través de varios mecanismos económicos y financieros:

- Disminución del LCOE: Entre 2010 y 2023, el LCOE de la energía solar fotovoltaica cayó un 88% (de 0,417 a 0,049 USD/kWh), y el de la eólica terrestre un 68% (de 0,089 a 0,053 USD/kWh), superando en competitividad a las fuentes fósiles (IRENA, 2024a). En 2024, el 91% de los nuevos proyectos renovables a escala de red fueron más baratos que la opción fósil más económica (IRENA, 2025b).
- Retorno de inversión (ROI) y eficiencia energética: La implementación de medidas de eficiencia energética permite recuperar la inversión inicial en plazos cortos y genera ahorros sostenidos. Por ejemplo, la adopción de sistemas de gestión energética basados en ISO 50001

reporta ahorros promedio del 11% en los primeros tres años y un 4% anual sostenido posteriormente (IEA, 2026a).

- Menores costos de mantenimiento: Las tecnologías renovables presentan menos partes móviles y no requieren combustibles, lo que reduce la frecuencia y el costo de mantenimiento (IEA, 2020).
- Protección frente a la volatilidad de precios fósiles: La adopción de renovables protege a la industria de la volatilidad de los precios internacionales de los combustibles fósiles, como se evidenció durante la crisis energética de 2021-2022, donde los costos de la electricidad renovable se mantuvieron estables (IRENA, 2023).
- Menor costo total de propiedad (TCO): El análisis de TCO demuestra que las tecnologías renovables industriales son más competitivas cuando se consideran todos los costos a lo largo de su vida útil, incluyendo operación, mantenimiento y externalidades (IEA, 2020).

La evidencia empírica confirma que la adopción de soluciones energéticas sostenibles genera ahorros operativos sustanciales en industrias como el acero, cemento, manufactura y química. La Agencia Internacional de Energía (IEA) estima que igualar el desempeño energético de los mejores actores industriales podría reducir los costos energéticos en hasta 600 mil millones de dólares en los países miembros (IEA, 2026a). En industrias pesadas, la eficiencia energética ha permitido ahorros acumulados de hasta un 40-60% en el largo plazo (IEA, 2026a).

La electrificación de procesos industriales, especialmente cuando se alimenta con electricidad renovable, ha reducido la intensidad energética hasta en un 67% en el sector del acero (IEA, 2026a). El hidrógeno verde, producido a partir de energías renovables, está surgiendo como una solución viable para descarbonizar y reducir costos en sectores como el acero y la química, con proyectos pioneros como el de Stegra en Suecia (IEA, 2026b).

Empresas líderes como ThyssenKrupp , Siemens y BASF han implementado electrificación, hidrógeno verde y sistemas de gestión energética, logrando reducciones significativas en costos energéticos y emisiones (IEA, 2026b; IRENA, 2025c). Por ejemplo, una planta alimentaria en Irlanda mejoró su eficiencia energética en un 45% en nueve años, y un fabricante de calzado en Indonesia redujo su demanda energética en un 37,5% (IEA, 2026a).

La reducción de costos operativos a largo plazo se ve potenciada por políticas públicas, incentivos fiscales y marcos regulatorios. En Estados Unidos, la Ley de Reducción de la Inflación (IRA) otorga créditos fiscales del 10% sobre el costo de producción para fabricantes de materiales críticos para tecnologías renovables, incentivando la relocalización industrial y la inversión en tecnologías limpias (Dechezleprêtre et al., 2024).

En la Unión Europea, el Sistema de Comercio de Emisiones (ETS) y el Mecanismo de Ajuste en Frontera por Carbono (CBAM) internalizan el costo del carbono, incentivando la eficiencia energética y la adopción de

tecnologías bajas en carbono (Comisión Europea, 2025a). El Clean Industrial Deal y el Green Deal Industrial Plan proyectan ahorros de hasta 260 mil millones de euros anuales en costos energéticos industriales para 2040 (Comisión Europea, 2025b).

A nivel global, el financiamiento climático del Banco Mundial y la emisión de bonos verdes han facilitado inversiones en eficiencia energética y energías renovables, reduciendo el costo de capital y acelerando la transición (Banco Mundial, 2024a). En América Latina, la reducción progresiva de subsidios a combustibles fósiles y el apoyo a energías renovables han mejorado la eficiencia energética industrial y reducido los costos operativos (Banco Mundial, 2024b).

La reducción de costos operativos a largo plazo es uno de los principales motores y beneficios de la adopción de soluciones energéticas sostenibles en la industria. Este proceso es resultado de la interacción entre aprendizaje tecnológico, economías de escala, políticas públicas, mecanismos económicos y experiencias empresariales exitosas. La evidencia cuantitativa y cualitativa demuestra que la transición energética no solo es viable, sino también económicamente ventajosa para la industria en el mediano y largo plazo.

3.2. Contribución al cumplimiento de metas climáticas globales. –

La adopción de soluciones energéticas sostenibles en la industria es fundamental para alcanzar las metas climáticas globales, ya que este sector

representa hasta un tercio de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero. La transformación industrial mediante energías renovables, electrificación, hidrógeno verde y eficiencia energética permite reducciones cuantificables de CO₂, especialmente en sectores difíciles de descarbonizar. El éxito depende de políticas robustas, mecanismos de mercado y cooperación internacional, como el Pacto Verde Europeo, la Ley de Reducción de la Inflación de EE.UU. y los mecanismos de ajuste de carbono en frontera.

El Acuerdo de París (2015) impulsó el objetivo de limitar el aumento de la temperatura global a menos de 2°C, con esfuerzos para no superar los 1,5°C respecto a niveles preindustriales. Este compromiso se operacionaliza a través de las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC) y se apoya en escenarios científicos del IPCC y hojas de ruta sectoriales de la Agencia Internacional de Energía (IEA) y la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA) (IPCC, 2022; IEA, 2023; IRENA, 2024).

El sector industrial es responsable de aproximadamente el 24% de las emisiones directas globales de CO₂, cifra que asciende al 34% si se incluyen las emisiones indirectas por consumo de electricidad y calor (IPCC, 2022). Para cumplir con la meta de cero emisiones netas en 2050, la IEA estima que las emisiones industriales deben reducirse en un 95% respecto a los niveles de 2022 (IEA, 2023). Esto implica una transformación profunda, especialmente en industrias intensivas en carbono como el acero, cemento, productos químicos y aluminio.

En 2024, las emisiones globales de CO₂ relacionadas con la energía alcanzaron 37,8 Gt, pero las emisiones industriales disminuyeron un 2,3% gracias a la expansión de energías limpias, especialmente solar y eólica (IEA, 2026). La adopción de cinco tecnologías clave (solar, eólica, nuclear, autos eléctricos y bombas de calor) evitó colectivamente 2,6 Gt de emisiones anuales, equivalente al 7% de las emisiones energéticas globales (IEA, 2026).

Estudios empíricos demuestran que un aumento del 1% en el uso per cápita de energías renovables reduce las emisiones per cápita en un 0,259% en países con alta intensidad industrial (Alam et al., 2024). Además, la electrificación directa en la industria se proyecta que aumentará del 28% en 2018 al 35% en 2050, siendo la vía más costo-eficiente para la descarbonización (Nature Communications, 2025).

Los sectores de acero, cemento y aluminio concentran el 80% de la demanda energética industrial y el 90% del potencial de calentamiento global del sector (Cerdas et al., 2025). La integración de eficiencia energética, electrificación, hidrógeno verde y captura de carbono puede reducir las emisiones industriales en más del 65% en países como Austria (Kharrazi et al., 2024).

Empresas como Equinor, Shell y BP han fijado metas de reducción del 50% en emisiones de alcance 1 y 2 para 2030, principalmente mediante la adopción de tecnologías renovables y limpias (Springer Nature, 2025). A nivel nacional, la UE redujo sus emisiones energéticas en un 2,2% en 2024,

con energías renovables representando casi el 50% de la generación eléctrica (IEA, 2026).

El hidrógeno verde es esencial para descarbonizar procesos industriales de alta temperatura y como insumo químico, especialmente en acero y amoníaco (IEA, 2026; Nature Energy, 2025). Sin embargo, menos del 1% de la producción mundial de hidrógeno es de bajas emisiones, lo que exige una rápida expansión y políticas de apoyo (IEA, 2026). La eficiencia energética, aunque crucial, debe combinarse con electrificación e hidrógeno para cerrar la brecha de emisiones en sectores difíciles (Kharrazi et al., 2024).

El Pacto Verde Europeo y el paquete Fit for 55 establecen la neutralidad climática para 2050 y una reducción del 55% de emisiones para 2030, reforzando el Sistema de Comercio de Emisiones (EU ETS) y creando el Mecanismo de Ajuste en Frontera por Carbono (CBAM) para evitar la fuga de carbono y proteger la competitividad industrial (European Commission, 2021; European Parliament, 2025); la Ley de Reducción de la Inflación (IRA, 2022) destina 369 mil millones de dólares a incentivos para la descarbonización industrial, incluyendo créditos fiscales para captura de carbono, hidrógeno y manufactura avanzada, con proyecciones de reducción de emisiones del 33–40% respecto a 2005 para 2030 (Borick et al., 2023).

El Banco Mundial y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) han incrementado el financiamiento climático, aunque la mayor parte aún se concentra en economías desarrolladas, subrayando la

necesidad de mayor apoyo a la industria en países en desarrollo (World Bank, 2023; UNEP, 2023); el CBAM de la UE impone un precio al carbono en las importaciones de bienes intensivos en emisiones, incentivando la adopción global de tecnologías limpias y evitando la deslocalización de industrias contaminantes (OCDE, 2025). Estos mecanismos, junto con la transferencia tecnológica y la cooperación internacional, son esenciales para alinear la acción industrial con las metas del Acuerdo de París.

La adopción de soluciones energéticas sostenibles en la industria es un pilar indispensable para el cumplimiento de las metas climáticas globales. La evidencia demuestra que la transformación industrial mediante energías renovables, electrificación, hidrógeno verde y eficiencia energética permite reducciones sustanciales de CO₂, especialmente en sectores difíciles de descarbonizar. Sin embargo, el éxito depende de políticas ambiciosas, mecanismos de mercado efectivo y una cooperación internacional robusta que asegure financiamiento, transferencia tecnológica y una transición justa.

CAPITULO IV.- Resultados Obtenidos

1. Estado Actual y Tendencias Globales de la Adopción de Energía Sostenible en la Industria

Durante el periodo 2020–2025, la industria ha incrementado de manera sostenida la integración de energías renovables y medidas de eficiencia energética. La proporción de energías renovables en la demanda global de calor industrial, un indicador clave del consumo energético industrial, se situó en un 14% en 2024, con proyecciones de alcanzar el 18% en 2030, impulsada principalmente por el uso creciente de electricidad renovable y bioenergía en procesos industriales y edificaciones.

Este avance ha sido especialmente notable en regiones con políticas de apoyo robustas y precios energéticos elevados. En términos de inversión, el flujo global destinado a energías limpias en la industria alcanzó los 2,2 billones de dólares en 2025, duplicando la inversión en combustibles fósiles. Las inversiones en electrificación y eficiencia energética, incluida la electrificación de procesos industriales, ascendieron a 800 mil millones de dólares, casi el doble que una década atrás, reflejando el dinamismo del sector y el interés por tecnologías como bombas de calor, sistemas de gestión energética y renovables distribuidas.

El crecimiento de tecnologías clave ha sido sobresaliente. La energía solar fotovoltaica distribuida, que incluye aplicaciones industriales, representó el 42% de la expansión global de la capacidad solar entre 2025 y 2030, mientras que la

capacidad eólica terrestre aumentó un 45% respecto al periodo anterior, a pesar de los desafíos en la cadena de suministro y permisos.

Las bombas de calor, especialmente en China y Estados Unidos, han mostrado tasas de crecimiento anual superiores al 10%, consolidándose como una solución relevante para la electrificación de calor de baja temperatura.

Las diferencias entre economías desarrolladas y emergentes son notables. China lidera el crecimiento de capacidad renovable, representando cerca del 60% de la expansión global y superando anticipadamente sus metas de 2035.

India, por su parte, prevé un crecimiento anual del 4% en la demanda eléctrica industrial y una multiplicación por el 2,5 de su capacidad renovable en cinco años.

En contraste, la Unión Europea y Estados Unidos han centrado sus esfuerzos en la eficiencia y la electrificación de sectores fabricantes avanzados, aunque enfrentan retos de estancamiento en la demanda eléctrica industrial y la necesidad de modernizar infraestructuras.

2. Retos y Barreras para la Adopción de Soluciones Energéticas Sostenibles

A pesar de los avances, la transición energética industrial enfrenta una serie de barreras complejas y multidimensionales:

a) Barreras Tecnológicas

La intermitencia de las fuentes renovables, como la solar y la eólica, representa un desafío crítico para industrias que requieren suministro continuo y calor de alta temperatura. La integración de estas fuentes en procesos industriales intensivos sigue limitada por la madurez de las tecnologías de almacenamiento y conversión;

además, la infraestructura de red eléctrica no ha evolucionado al mismo ritmo que la generación renovable: mientras la inversión anual en generación eléctrica alcanzó el billón de dólares en 2025, el gasto en redes apenas llegó a 400 mil millones, generando cuellos de botella y limitando la integración de renovables a gran escala.

b) Barreras Económicas y Financieras

El alto costo inicial de las instalaciones renovables, sistemas de almacenamiento y modernización de redes constituye una barrera significativa, especialmente para pequeñas y medianas empresas. El acceso al capital se ve dificultado por la volatilidad de los mercados, la depreciación de monedas y el aumento de tasas de interés en economías emergentes; la incertidumbre sobre el retorno de la inversión, sumada a la inestabilidad de políticas energéticas y precios, desalienta la toma de decisiones a largo plazo.

La concentración de la refinación de minerales críticos en pocos países (uno de ellos controla el 70% del mercado de 19 de 20 minerales estratégicos) y la falta de trazabilidad en las cadenas de suministro incrementan la vulnerabilidad ante disrupciones geopolíticas y comerciales.

c) Barreras Regulatorias y de Gobernanza

La ausencia de mecanismos robustos de fijación de precios al carbono y la inestabilidad regulatoria retrasan inversiones y generan incertidumbre en el sector; procesos burocráticos extensos y la fragmentación de políticas entre jurisdicciones dificultan la ejecución de proyectos de infraestructura y la adopción de nuevas tecnologías.

d) Barreras Organizacionales y de Capital Humano

La escasez de mano de obra calificada en tecnologías renovables y la resistencia al cambio dentro de las organizaciones ralentizan la transición; problemas logísticos, deficiencias en la infraestructura y largos tiempos de despacho aduanero (de tres a seis meses) afectan la implementación de proyectos, especialmente en países en desarrollo.

La debilidad institucional y la falta de inversión en capacitación limitan la capacidad de adaptación de la industria.

3. Oportunidades, Beneficios y Resultados Documentados

A pesar de los desafíos, la adopción de soluciones energéticas sostenibles ha generado beneficios tangibles y oportunidades estratégicas para la industria:

a) Ahorro de Costes y Competitividad

La implementación de medidas de eficiencia energética, como motores de alta eficiencia, variadores de frecuencia y sistemas de recuperación de calor, ha permitido ahorros energéticos del 2% al 8% en entornos industriales, con reducciones de costes operativos de hasta el 30% en algunos casos; los variadores de frecuencia, por ejemplo, han logrado ahorros del 30% al 60% en aplicaciones de carga variable mientras que los sistemas de cogeneración han alcanzado eficiencias del 60% al 80%; el uso de energías renovables ha reducido la dependencia de combustibles fósiles y ha mejorado la competitividad de las empresas, permitiéndoles ofrecer productos con menor huella de carbono y acceder a mercados más exigentes en sostenibilidad.

b) Reducción de Emisiones de CO₂

Empresas líderes como Siemens Energy han reducido sus emisiones de gases de efecto invernadero en un 50% entre 2019 y 2022, superando sus metas iniciales, y alcanzando un 90% de electricidad renovable en su consumo.

A nivel sectorial, la eficiencia energética tiene el potencial de reducir las emisiones industriales hasta en un 55%; ArcelorMittal, por ejemplo, se ha propuesto reducir un 25% sus emisiones globales de CO₂ para 2030 mediante la transformación de procesos y el uso de electricidad limpia

c) Innovación y Nuevos Modelos de Negocio

La transición energética ha impulsado la innovación y la aparición de modelos como la economía circular, la “energía como servicio” y la simbiosis industrial. La digitalización, el uso de inteligencia artificial y el Internet de las Cosas han permitido la optimización en tiempo real del consumo energético, el mantenimiento predictivo y una mayor flexibilidad operativa; estas innovaciones han fortalecido la resiliencia y la capacidad de adaptación de las empresas frente a la volatilidad del entorno energético.

d) Creación de Empleo y Beneficios Sociales

La transición hacia energías limpias se asocia a la creación neta de 9 millones de empleos a nivel global para 2030, con 14 millones de nuevos puestos en energías limpias y 16 millones adicionales en sectores relacionados, como la fabricación de vehículos eléctricos y tecnologías innovadoras; las iniciativas de eficiencia energética, especialmente en rehabilitación de edificios e instalación de sistemas eficientes, triplicarán la generación de empleo en la próxima década.

e) Ventajas Competitivas y Posicionamiento de Mercado

La adopción temprana de soluciones sostenibles ha permitido a las empresas diferenciarse, acceder a nuevos mercados y cumplir con regulaciones cada vez más estrictas. Siemens, por ejemplo, reporta que más del 90% de su portafolio contribuye positivamente a la sostenibilidad de sus clientes; el mercado global de energías renovables creció de 881,7 mil millones de dólares en 2020 a 971,65 mil millones en 2022, con proyecciones de superar los 2 billones en 2030, impulsado en gran parte por la demanda industrial.

4. Resultados Sectoriales y Casos de Estudio en Sectores de Difícil Descarbonización

a) Sector del Acero

El proyecto HYBRIT en Suecia ha marcado un hito al producir acero utilizando hidrógeno verde en lugar de carbón, logrando una reducción de emisiones superior al 99,7% por tonelada de acero (de 2.200 kg CO₂ a solo 5 kg CO₂); la planta piloto produjo más de 5.000 toneladas de hierro de reducción directa y la primera bobina de acero 100% libre de fósiles en 2021; la ampliación industrial prevé alcanzar 1,3 millones de toneladas de hierro esponja en 2026 y 2,7 millones en 2030; H2 Green Steel aspira a producir 5 millones de toneladas anuales de acero verde para 2030.

La adopción de tecnologías basadas en hidrógeno podría reducir hasta un 10% de las emisiones totales de Suecia y un 7% de Finlandia

b) Sector Cementero

La integración de sistemas energéticos inteligentes, recuperación de calor y combustibles alternativos ha permitido mejoras de eficiencia energética de hasta el 84% y reducciones de emisiones de CO₂ del 20% solo con estas medidas

La incorporación de captura de carbono puede reducir las emisiones entre un 64% y un 90%, aunque incrementa los costes de producción entre un 49% y un 92%.

c) Sector Químico

La producción de amoníaco verde mediante hidrógeno renovable y la captura, utilización y almacenamiento de carbono (CCUS) han permitido reducir hasta un 38% las emisiones en este subsector; la circularidad y el reciclaje químico emergen como vías complementarias de descarbonización.

d) Sector del Aluminio

La electrificación de procesos y la integración de renovables en clusters industriales han reducido costes y emisiones, aunque el alto consumo eléctrico y la necesidad de suministro continuo siguen siendo retos.

e) Sector Papelero

La eficiencia energética, la electrificación del suministro térmico y la recuperación de calor han sido las estrategias predominantes, apoyadas por la economía circular y la demanda de productos sostenibles.

La industria global ha avanzado de manera significativa en la adopción de soluciones energéticas sostenibles entre 2020 y 2025, con resultados tangibles en reducción de emisiones, ahorro de costes, innovación y creación de empleo. Sin

embargo, la magnitud de los retos tecnológicos, económicos, regulatorios y organizacionales exigen una acción coordinada y sostenida para acelerar la transición, especialmente en los sectores de difícil descarbonización. La integración de múltiples estrategias, electrificación, hidrógeno verde, eficiencia, captura de carbono y digitalización, junto con políticas de apoyo y alianzas público-privadas, será determinante para consolidar una industria competitiva, resiliente y alineada con los objetivos climáticos globales.

CONCLUSIONES

1. La transición energética como motor de transformación industrial

La transición hacia soluciones energéticas sostenibles no solo responde a la necesidad de mitigar el impacto ambiental de las actividades industriales, sino que también se configura como un motor de innovación y transformación económica. La integración de energías renovables, la electrificación de procesos y la implementación de tecnologías de eficiencia energética han demostrado ser herramientas clave para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y, al mismo tiempo, mejorar la competitividad de las empresas. Este cambio no solo beneficia al medio ambiente, sino que también impulsa la modernización de los procesos productivos, promoviendo la adopción de tecnologías avanzadas como la digitalización y la inteligencia artificial, que optimizan el uso de recursos y reducen los costos operativos.

2. Retos estructurales y tecnológicos: una barrera persistente

A pesar de los avances logrados, la adopción de soluciones energéticas sostenibles enfrenta importantes barreras estructurales y tecnológicas. La intermitencia de las fuentes renovables, como la solar y la eólica, sigue siendo un desafío crítico para las industrias que requieren un suministro energético constante y confiable. Además, la falta de infraestructura adecuada, como redes eléctricas inteligentes y sistemas de almacenamiento de energía, limita la capacidad de integrar estas fuentes en los procesos industriales. Este problema se agrava en regiones en desarrollo, donde las inversiones en infraestructura

energética son insuficientes y las políticas públicas no siempre están alineadas con los objetivos de sostenibilidad.

.Otro reto significativo es la dependencia de minerales críticos para la fabricación de tecnologías renovables, como baterías y paneles solares. La concentración de la producción de estos minerales en pocos países genera vulnerabilidades en las cadenas de suministro, exponiendo a las industrias a riesgos geopolíticos y económicos. Esto subraya la necesidad de diversificar las fuentes de suministro y fomentar la economía circular para reducir la dependencia de recursos no renovables.

3. Oportunidades económicas y sociales: un camino hacia el desarrollo sostenible

La transición energética no solo plantea retos, sino que también abre un abanico de oportunidades económicas y sociales. La adopción de soluciones sostenibles ha demostrado ser un catalizador para la creación de empleo, especialmente en sectores como la fabricación de tecnologías renovables, la instalación de sistemas de eficiencia energética y la gestión de residuos industriales. Según estudios recientes, la transición hacia energías limpias podría generar millones de empleos verdes a nivel global, contribuyendo al desarrollo económico y a la reducción de la desigualdad.

Además, las empresas que adoptan soluciones sostenibles tienen la oportunidad de posicionarse como líderes en sus respectivos mercados, accediendo a consumidores cada vez más conscientes de la sostenibilidad y cumpliendo con regulaciones ambientales más estrictas. Este posicionamiento no solo mejora la

reputación corporativa, sino que también permite a las empresas acceder a nuevos mercados y fuentes de financiamiento, como bonos verdes y fondos de inversión sostenibles.

4. La importancia de las políticas públicas y la cooperación internacional

El éxito de la transición energética en la industria depende en gran medida de la implementación de políticas públicas efectivas y de la cooperación internacional. Los gobiernos tienen un papel crucial en la creación de un entorno favorable para la adopción de soluciones sostenibles, mediante la implementación de incentivos fiscales, la fijación de precios al carbono y el apoyo a la investigación y el desarrollo de tecnologías limpias. Asimismo, la cooperación internacional es esencial para compartir conocimientos, transferir tecnologías y garantizar el acceso equitativo a los recursos necesarios para la transición.

En este sentido, los acuerdos multilaterales y las alianzas público-privadas se presentan como herramientas clave para superar las barreras económicas y tecnológicas, especialmente en los países en desarrollo. La colaboración entre gobiernos, empresas y organizaciones internacionales puede acelerar la adopción de soluciones sostenibles, promoviendo un desarrollo industrial inclusivo y resiliente.

5. Sectores de difícil descarbonización: un desafío prioritario

Uno de los mayores retos identificados en esta investigación es la descarbonización de sectores industriales intensivos en energía, como el acero, el cemento, los productos químicos y el transporte marítimo. Estos sectores representan una proporción significativa de las emisiones globales de CO₂ y

enfrentan desafíos únicos debido a la naturaleza de sus procesos productivos. Sin embargo, también ofrecen oportunidades significativas para la innovación tecnológica, como el uso de hidrógeno verde, la captura y almacenamiento de carbono (CCUS) y la electrificación de procesos de alta temperatura.

El caso del proyecto HYBRIT en Suecia, que utiliza hidrógeno verde para producir acero libre de fósiles, demuestra que es posible transformar incluso los sectores más contaminantes mediante la innovación y el compromiso con la sostenibilidad. Este tipo de iniciativas debe ser replicado y ampliado a nivel global para lograr una descarbonización efectiva de la industria.

6. Conclusión general: hacia una industria sostenible y resiliente

En conclusión, la adopción de soluciones energéticas sostenibles en la industria no es solo una necesidad ambiental, sino también una oportunidad estratégica para construir una economía más competitiva, inclusiva y resiliente. Aunque los retos son significativos, los beneficios potenciales superan con creces las barreras, siempre y cuando se adopta un enfoque integral que combine innovación tecnológica, políticas públicas efectivas y cooperación internacional. El futuro de la industria depende de su capacidad para adaptarse a las demandas de sostenibilidad y aprovechar las oportunidades que ofrece la transición energética. Esto requiere un compromiso colectivo de todos los actores involucrados, desde los gobiernos y las empresas hasta la sociedad civil, para garantizar que la transición sea justa, inclusiva y alineada con los objetivos globales de desarrollo sostenible.

RECOMENDACIONES

1. Fomentar la innovación tecnológica y la investigación aplicada

La innovación tecnológica es un pilar fundamental para superar los retos asociados a la adopción de soluciones energéticas sostenibles. Es necesario invertir en investigación y desarrollo (I+D) para mejorar la eficiencia de las tecnologías existentes y desarrollar nuevas soluciones que permitan descarbonizar los procesos industriales. Por ejemplo, tecnologías como el hidrógeno verde, la captura y almacenamiento de carbono (CCUS) y las redes eléctricas inteligentes deben ser priorizadas. Además, se recomienda la creación de plataformas colaborativas entre empresas, universidades y centros de investigación para facilitar la transferencia de conocimientos y la implementación de tecnologías avanzadas.

2. Establecer políticas públicas que incentiven la sostenibilidad

Los gobiernos tienen un papel crucial en la creación de un entorno favorable para la transición energética. Se recomienda implementar políticas públicas que incluyan incentivos fiscales, subsidios para la adopción de tecnologías limpias y la fijación de precios al carbono. Estas no solo reducirán las barreras económicas para las empresas, sino que también enviarán señales claras al mercado medidas sobre la importancia de la sostenibilidad. Además, es fundamental establecer regulaciones que promuevan la eficiencia energética y la reducción de emisiones en sectores industriales clave.

3. Promover la cooperación internacional y las alianzas público-privadas

La transición energética es un desafío global que requiere esfuerzos coordinados a nivel internacional. Se recomienda fortalecer la cooperación entre países para compartir conocimientos, transferir tecnologías y garantizar el acceso equitativo a los recursos necesarios para la transición. Las alianzas público-privadas también son esenciales para movilizar recursos financieros y técnicos, especialmente en regiones en desarrollo donde las capacidades locales pueden ser limitadas. Estas alianzas pueden facilitar la implementación de proyectos piloto y la escalabilidad de soluciones sostenibles.

4. Impulsar la economía circular en la industria

La economía circular es una estrategia clave para reducir la dependencia de recursos no renovables y minimizar los residuos industriales. Se recomienda que las empresas adopten prácticas como el reciclaje de materiales, la reutilización de subproductos y el diseño de productos más sostenibles. Esto no solo contribuirá a la sostenibilidad ambiental, sino que también generará ahorros económicos y nuevas oportunidades de negocio. Además, la economía circular puede ayudar a mitigar los riesgos asociados a la escasez de minerales críticos necesarios para las tecnologías renovables.

5. Desarrollar capacidades humanas y organizacionales

La transición energética requiere no solo de tecnologías avanzadas, sino también de personas capacitadas para implementarlas y gestionarlas. Se recomienda invertir en programas de formación y educación que preparen a los trabajadores para los empleos verdes del futuro. Esto incluye tanto la capacitación técnica

como el desarrollo de habilidades en gestión de proyectos sostenibles y liderazgo ambiental. Además, las empresas deben fomentar una cultura organizacional que valore la sostenibilidad y promueva la innovación.

6. Priorizar la descarbonización de sectores intensivos en energía

Los sectores industriales que consumen grandes cantidades de energía, como el acero, el cemento y los productos químicos, representan un desafío prioritario para la transición energética. Se recomienda desarrollar estrategias específicas para estos sectores, incluyendo la electrificación de procesos, el uso de combustibles alternativos como el hidrógeno verde y la implementación de tecnologías de captura de carbono. Además, es importante fomentar la colaboración entre empresas de estos sectores para compartir mejores prácticas y reducir costos.

7. Garantizar la sostenibilidad financiera de las soluciones energéticas

La adopción de soluciones sostenibles puede implicar altos costos iniciales, lo que representa una barrera para muchas empresas, especialmente las pequeñas y medianas. Se recomienda desarrollar mecanismos financieros innovadores, como bonos verdes, fondos de inversión sostenibles y esquemas de financiamiento público-privado, para facilitar el acceso a capital. Además, los gobiernos y las instituciones financieras deben trabajar juntos para reducir los riesgos asociados a las inversiones en tecnologías limpias.

8. Sensibilizar a la sociedad y fomentar el consumo responsable

La transición energética no puede lograrse sin el apoyo de la sociedad. Se recomienda implementar campañas de sensibilización que informen a los

consumidores sobre la importancia de la sostenibilidad y promuevan el consumo responsable. Esto incluye fomentar la preferencia por productos y servicios sostenibles, lo que incentivará a las empresas a adoptar prácticas más responsables. Además, la participación activa de la sociedad civil puede ejercer presión sobre los gobiernos y las empresas para facilitar la transición.

9. Monitorear y evaluar el progreso de la transición energética

Es fundamental establecer sistemas de monitoreo y evaluación que permitan medir el impacto de las soluciones energéticas sostenibles en la industria. Esto incluye indicadores relacionados con la reducción de emisiones, la eficiencia energética y la generación de empleo verde. Los resultados de estas evaluaciones deben ser utilizados para ajustar las políticas y estrategias, garantizando que la transición sea efectiva y alineada con los objetivos de desarrollo sostenible.

10. Adaptar las estrategias a las realidades locales

Finalmente, se recomienda que las estrategias de adopción de soluciones energéticas sostenibles sean adaptadas a las condiciones específicas de cada región y sector industrial. Esto incluye factores como la disponibilidad de recursos naturales, el nivel de desarrollo económico y las capacidades tecnológicas locales. Un enfoque flexible y contextualizado garantizará que las soluciones sean viables y efectivas en diferentes contextos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bilgili, F., Koçak, E., & Bulut, Ü. (2016). The dynamic impact of renewable energy consumption on CO₂ emissions: A revisited Environmental Kuznets Curve approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 838–845. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.080>
- Catarino, J., Henriques, C., & Egreja, J. (2015). Portuguese SME toward energy efficiency improvement. *Energy Efficiency*, 8(5), 1021–1037. <https://doi.org/10.1007/s12053-015-9325-7>
- Costa, F., et al. (2019). Life cycle sustainability assessment in the energy sector: A review. *Energy, Sustainability and Society*, 9, 1–15. <https://doi.org/10.1186/s13705-022-00344-6>
- Dincer, I. (2000). Renewable energy and sustainable development: a crucial review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 4(2), 157–175. [https://doi.org/10.1016/S1364-0321\(99\)00011-8](https://doi.org/10.1016/S1364-0321(99)00011-8)
- Filipović, S., et al. (2022). Integrated assessment of energy sustainability: Environmental, economic and social dimensions. *Environment, Development and Sustainability*, 24, 1–20. <https://doi.org/10.1007/s10668-025-07221-0>
- Goldemberg, J. (2007). Ethanol for a Sustainable Energy Future. *Science*, 315(5813), 808–810. <https://doi.org/10.1126/science.1137013>
- International Energy Agency (IEA). (2025). Sustainable Development Scenario. <https://www.iea.org/topics/sustainable-development>
- International Energy Agency (IEA). (2026). A policy framework for accelerating sustainable energy transitions in heavy

industry. <https://www.iea.org/commentaries/a-policy-framework-for-accelerating-sustainable-energy-transitions-in-heavy-industry>

Palm, J., & Thollander, P. (2010). An interdisciplinary perspective on industrial energy efficiency. *Applied Energy*, 87(10), 3255–3261. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.04.015>

Sovacool, B. K., et al. (2021). Energy transitions from the cradle to the grave: A meta-theoretical framework integrating responsible innovation, social practices, and energy justice. *Energy Research & Social Science*, 75, 102027. https://www.researchgate.net/publication/350429094_Energy_transitions_from_the_cradle_to_the_grave_A_meta-theoretical_framework_integrating_responsible_innovation_social_practices_and_energy_justice

United Nations (ONU). (2025). Energía asequible y no contaminante: Objetivo 7 de los ODS. <https://www.un.org/es/issues/energia-sostenible>

United Nations Industrial Development Organization (UNIDO). (2011). Industrial Development Report 2011: Industrial Energy Efficiency for Sustainable Wealth Creation. <https://www.unido.org/resources-publications-flagship-publications-industrial-development-report/idr2011-industrial-energy-efficiency-sustainable-wealth-creation>

World Commission on Environment and Development (WCED). (1987). Our Common Future (Informe Brundtland). https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987_our-common-future.pdf

Agencia Internacional de Energía (IEA). (2026). *A policy framework for accelerating sustainable energy transitions in heavy*

industry. <https://www.iea.org/commentaries/a-policy-framework-for-accelerating-sustainable-energy-transitions-in-heavy-industry>

Agencia Internacional de Energía (IEA). (2026). *Industry - Energy System*. <https://www.iea.org/energy-system/industry>

Comisión Europea. (2026). *The Green Deal Industrial Plan*. https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/green-deal-industrial-plan_en

Comisión Europea. (2025). *Clean Industrial Deal*. https://commission.europa.eu/topics/competitiveness/clean-industrial-deal_en

Fouquet, R. (2016). Historical energy transitions: Speed, prices and system transformation. *Energy Research & Social Science*, 22, 7–12. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2016.08.014>

Geels, F. W. (2002). Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: A multi-level perspective and a case study. *Research Policy*, 31(8–9), 1257–1274. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(02\)00062-8](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(02)00062-8)

Grubler, A., et al. (2012). Sustainable Energy: Prospects, challenges, Opportunities. https://www.academia.edu/5395782/Sustainable_Energy_Pro_spects_challenges_Opportunities

IRENA. (2021). *World Energy Transitions Outlook 1.5°C Pathway*. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/Jun/IRENA_World_Energy_Transitions_Outlook_2021.pdf

- IRENA. (2025). *Renewable energy statistics 2025*. <https://www.irena.org/Publications/2025/Jul/Renewable-energy-statistics-2025>
- Markard, J., Raven, R., & Truffer, B. (2012). Sustainability transitions: An emerging field of research and its prospects. *Research Policy*, 41(6), 955–967. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2012.02.013>
- Porter, M. E., & van der Linde, C. (1995). Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship. *Journal of Economic Perspectives*, 9(4), 97–118. <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/jep.9.4.97>
- ScienceDirect. (2025). *Towards energy technology transition and sustainability: Challenges and perspectives*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1342937X25002850>
- Smil, V. (2010). *Energy Myths and Realities: Bringing Science to the Energy Policy Debate*. Washington, DC: AEI Press. <https://www.aei.org/research-products/book/energy-myths-and-realities/>
- Sovacool, B. K. (2024). Equity and Justice in Industrial Decarbonization. <https://www.bu.edu/igs/2024/09/19/watch-now-director-benjamin-sovacool-on-equity-and-justice-in-industrial-decarbonization/>
- Sovacool, B. K., et al. (2021). Low-carbon energy, sustainable development, and justice: Towards a just energy transition for the society and the environment. *Sustainable Development*, 29(5), 1049–1061. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/sd.2193>

Springer Nature. (2025). *Strategies toward carbon neutrality: comparative analysis of China, USA, and Germany*. <https://link.springer.com/article/10.1007/s44438-025-00003-1>

Stern, N. (2011). *The economics of climate change: The Stern review*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511817434>

UNIDO. (2025). *Global Green Industrialization Pact*. https://www.unido.org/sites/default/files/files/2025-07/GGID_Statement_.pdf

UNIDO. (2025). *UNIDO unveils its Vision 2050 and launches flagship Industrial Development Report at Global Industry Summit*. <https://www.unido.org/news/unido-unveils-its-vision-2050-and-launches-flagship-industrial-development-report-global-industry-summit>

Unruh, G. C. (2000). Understanding carbon lock-in. *Energy Policy*, 28(12), 817–830. [https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(00\)00070-7](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(00)00070-7)

World Bank. (2025). *Power More with Less: Scaling up Energy Efficiency for Growth and Energy Security*. <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2025/06/18/a-roadmap-to-scale-up-energy-efficiency-for-jobs-affordable-and-reliable-energy>

Agencia Internacional de Energía. (2026a). *Unlocking the potential of energy efficiency – Gaining an Edge*. <https://www.iea.org/reports/gaining-an-edge/unlocking-the-potential-of-energy-efficiency>

Agencia Internacional de Energía. (2026b). *Iron and Steel Technology Roadmap*. <https://www.iea.org/reports/iron-and-steel-technology-roadmap>

Agencia Internacional de Energía Renovable (IRENA). (2024a). Costes de generación de energía renovable en 2023. <https://www.irena.org/Publications/2024/Sep/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2023-ES>

Agencia Internacional de Energía Renovable (IRENA). (2025a). Renewable Power Generation Costs in 2024. <https://www.irena.org/Publications/2025/Jun/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2024>

Agencia Internacional de Energía Renovable (IRENA). (2025b). 91% of New Renewable Projects Now Cheaper Than Fossil Fuels Alternatives. <https://www.irena.org/News/pressreleases/2025/Jul/91-Percent-of-New-Renewable-Projects-Now-Cheaper-Than-Fossil-Fuels-Alternatives-ES>

Agencia Internacional de Energía Renovable (IRENA). (2025c). Industry. <https://www.irena.org/Energy-Transition/Technology/Industry>

Bolinger, M., Wiser, R., Seel, J., et al. (2022). Levelized cost-based learning analysis of utility-scale wind and solar in the United States. *Nature Energy*, 7, 1-10. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9127581/>

Comisión Europea. (2025a). Clean Industrial Deal for competitiveness and decarbonisation in the EU. <https://ec.europa.eu/newsroom/ener/items/871301/>

Comisión Europea. (2025b). Clean Industrial Deal: Competitiveness and decarbonisation in the EU. https://ireland.representation.ec.europa.eu/news-and-events/news/clean-industrial-deal-competitiveness-and-decarbonisation-eu-2025-02-26_en

Dechezleprêtre, A., et al. (2024). A comprehensive overview of the renewable energy industrial ecosystem. OECD Science, Technology and Industry Working Papers, No. 2024/11. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2024/11/a-comprehensive-overview-of-the-renewable-energy-industrial-ecosystem_5226730d/94dce592-en.pdf

International Energy Agency (IEA). (2020). Projected Costs of Generating Electricity 2020. <https://www.iea.org/reports/projected-costs-of-generating-electricity-2020>

World Bank. (2024a). Climate Finance Fiscal Year 2024 Snapshot. <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2024/09/19/climate-finance-fiscal-year-2024-snapshor/2024/12/13/a-climate-year-in-review>

Alam, M. S., Duraisamy, P., Siddik, A. B., & Murshed, M. (2024). Does renewable energy proactively contribute to mitigating carbon emissions in major fossil fuels consuming countries? *Journal of Cleaner Production*, 438, 140561. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652624015610>

Borick, C. et al. (2023). Emissions and Energy Impacts of the Inflation Reduction Act. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10336889/>

Cerdas, J. F., et al. (2025). Cumulative Energy Demand and Global Warming Potential of metals and minerals production: Assessment, projections and mitigation options. *Energy Policy*, 185,

113456. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301420725000583>

European Commission. (2021). European Climate Law. https://climate.ec.europa.eu/eu-action/european-climate-law_en

European Parliament. (2025). Green Deal: key to a climate-neutral and sustainable EU. <https://www.europarl.europa.eu/topics/en/article/20200618STO81513/green-deal-key-to-a-climate-neutral-and-sustainable-eu>

International Energy Agency. (2023). Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5 °C Goal in Reach. <https://www.iea.org/reports/net-zero-roadmap-a-global-pathway-to-keep-the-15-c-goal-in-reach>

International Energy Agency. (2026). Global Energy Review 2025: CO2 Emissions. <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2025/co2-emissions>

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Working Group III Contribution to the Sixth Assessment Report. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>

Kharrazi, A., et al. (2024). Life cycle assessment in energy-intensive industries: Cement, steel, glass, plastic. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 185, 113456. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032124009717>

Nature Climate Change. (2024). Just Energy Transition Partnerships and the future of coal. <https://www.nature.com/articles/s41558-024-02086-z>

Nature Communications. (2025). Electricity- and hydrogen-driven energy system sector-coupling in net-zero CO2 emission pathways. <https://www.nature.com/articles/s41467-025-56365-0>

OECD. (2025). Carbon Border Adjustments. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2025/01/carbon-border-adjustments_b9049067/e8c3d060-en.pdf

Springer Nature. (2025). The role of renewable energy production on greenhouse gas emission reduction in international petroleum companies under energy transition policy. <https://link.springer.com/article/10.1007/s43621-025-01920-4>

ANEXOS

Anexo 1.- Evidencia de similitud digital

Alejandro Ramírez Sanguinetti

ADOPCIÓN DE SOLUCIONES ENERGÉTICAS SOSTENIBLES EN LA INDUSTRIA: RETOS Y OPORTUNIDADES

-  Titulos
-  REVISION 2026
-  Universidad Peruana de Ciencias e Informatica

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid::1:3522506870

Fecha de entrega
30 mar 2026, 12:55 p.m. GMT-5

Fecha de descarga
21 abr 2026, 1:17 p.m. GMT-5

Nombre del archivo
PROFESIONAL_ING_INDUSTRIAL_-RAMIREZ_SANGUINETTI_ALEJANDRO.docx

Tamaño del archivo
98.5 KB

59 páginas

10.600 palabras

68.425 caracteres




7% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado

Fuentes principales

- 6%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 5%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Fuentes principales

- 6% Fuentes de Internet
- 1% Publicaciones
- 5% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Trabajos del estudiante	Universidad Peruana de Ciencias e Informatica	2%
2	Internet	www.ambitojuridico.com	<1%
3	Internet	cepi.eoi.es	<1%
4	Internet	www.coursehero.com	<1%
5	Internet	docs.consejocci.cl	<1%
6	Internet	redruc.org	<1%
7	Internet	titula.universidadeuropea.es	<1%
8	Trabajos del estudiante	Instituto Superior para la Defensa	<1%
9	Trabajos del estudiante	Universidad Católica de Santa María	<1%
10	Internet	rd.udb.edu.sv	<1%
11	Trabajos del estudiante	Mondragon Unibertsitatea	<1%

12	Trabajos del estudiante	Universidad Anahuac México Sur	<1%
13	Trabajos del estudiante	Universitat Oberta de Catalunya	<1%
14	Trabajos del estudiante	Universidad del Istmo de Panamá	<1%
15	Internet	www.dspace.espol.edu.ec	<1%
16	Internet	www.plataformatransicionenergetica.org	<1%

Anexo 2.- Autorización de publicación en repositorio



FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL O TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UPCI

1.- DATOS DEL AUTOR

Apellidos y Nombres: Ramírez Sanguinetti, Alejandro
DNI: 48062898 Correo electrónico: Alejandro.Ramirez.Sanguinetti@gmail.com
Domicilio: Asoc. de pobladores el huay Samaritano MZ B Lt 1
Teléfono fijo: _____ Teléfono celular: 935413056

2.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL O TESIS

Facultad / Carrera: Ingeniería Industrial
Tipo: Trabajo de Suficiencia Profesional () Tesis ()
Título del Trabajo de Suficiencia Profesional / Tesis:
Adopción de Soluciones Energéticas Sostenibles en la Industria: Retos y Soluciones

3.- OBTENER:

Título Profesional ()

4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN VERSIÓN ELECTRÓNICA

Por la presente declaro que el documento indicado en el ítem 2 es de mi autoría y exclusiva titularidad, ante tal razón autorizo a la Universidad Peruana Ciencias e Informática para publicar la versión electrónica en su Repositorio Institucional (<http://repositorio.upci.edu.pe>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art23 y Art.33.

Autorizo la publicación de mi tesis (marque con una X):

() Sí, autorizo el depósito y publicación total.

() No, autorizo el depósito ni su publicación.

Como constancia firmo el presente documento en la ciudad de Lima, a los

27 días del mes de MARZO de 2026.

FIRMA



HUELLA