

NÉLIDA GUILLES ESCALANTE ESPINOZA - DANILO PACIFICO SÁNCHEZ CASTILLO - KEVIN CONCEPCIÓN VALVERDE POMA -
MARÍA DELFINA PÉREZ CAMPOMANES - PERCY ARMANDO ALBURQUERQUE SANTISTEBAN - CLAUDIA DE JESÚS MORALES
AQUITUARI - JOAQUÍN ALVAREZ CARRILLO



De cero emisiones netas a cadenas de suministro positivas para el clima peruano: Objetivos de Desarrollo Sostenible 2030

ISBN: 978-9915-698-85-4



9 789915 698854

EDITORIAL MAR CARIBE

www.editorialmarcaribe.es

WEAHANT

Discoana

pen. 1
APRIL 2020
DEPELOENT 2023)

De cero emisiones netas a cadenas de suministro positivas para el clima peruano: Objetivos de Desarrollo Sostenible 2030

Escalante Espinoza, Nélica Guillesi; Sánchez Castillo, Danilo Pacifico; Valverde Poma, Kevin Concepción; Pérez Campomanes, María Delfina; Morales Aquituari, Claudia De Jesús; Alvarez Carrillo, Joaquín; Alburquerque Santisteban, Percy Armando

© Escalante Espinoza, Nélica Guillesi; Sánchez Castillo, Danilo Pacifico; Valverde Poma, Kevin Concepción; Pérez Campomanes, María Delfina; Morales Aquituari, Claudia De Jesús; Alvarez Carrillo, Joaquín; Alburquerque Santisteban, Percy Armando, 2026

Primera edición (1.^a ed.): marzo, 2026

Editado por:

Editorial Mar Caribe®

www.editorialmarcaribe.es

Av. Gral. Flores 547, 70000 Col. del Sacramento, Departamento de Colonia, Uruguay.

Diseño de carátula e ilustraciones: *Luisa Fernanda Lugo Rojas*

Libro electrónico disponible en:

<https://editorialmarcaribe.es/ark:/10951/isbn.9789915698854>

Formato: Electrónico

ISBN: 978-9915-698-85-4

ARK: [ark:/10951/isbn.9789915698854](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:org:ark:ark:/10951/isbn.9789915698854)

Editorial Mar Caribe (OASPA): Como miembro de la Open Access Scholarly Publishing Association, apoyamos el acceso abierto de acuerdo con el código de conducta, la transparencia y las mejores prácticas de OASPA para la publicación de libros académicos y de investigación. Estamos comprometidos con los más altos estándares editoriales en ética y deontología, bajo la premisa de «Ciencia Abierta en América Latina y el Caribe»

OASPA

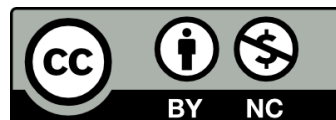
Editorial Mar Caribe, firmante N° 795 de 12.08.2024 de la Declaración de Berlín

"... Nos sentimos obligados a abordar los retos de Internet como un medio funcional emergente para la distribución del conocimiento. Obviamente, estos avances pueden modificar significativamente la naturaleza de la publicación científica, así como el actual sistema de garantía de calidad...." (Max Planck Society, ed. 2003, pp. 152-153).



CC BY-NC 4.0

Los autores pueden autorizar al público en general a reutilizar sus obras únicamente con fines no lucrativos, los lectores pueden utilizar una obra para generar otra, siempre que se dé crédito a la investigación, y conceden al editor el derecho a publicar primero su ensayo bajo los términos de la licencia CC BY-NC 4.0.



Editorial Mar Caribe se adhiere a la "Recomendación relativa a la preservación del patrimonio documental, comprendido el patrimonio digital, y el acceso al mismo" de la UNESCO y a la Norma Internacional de referencia para un sistema abierto de información archivística (OAIS-ISO 14721). Este libro está preservado digitalmente por ARAMEO.NET

ARAMEO.NET

Editorial Mar Caribe

**De cero emisiones netas a cadenas de suministro
positivas para el clima peruano: Objetivos de
Desarrollo Sostenible 2030**

Colonia, Uruguay

2026

**De cero emisiones netas a cadenas de suministro
positivas para el clima peruano: Objetivos de
Desarrollo Sostenible 2030**

Índice

Introducción	9
Capítulo 1	12
De cero emisiones netas a cadenas de suministro positivas para el clima peruano: Objetivos de Desarrollo Sostenible 2030	12
El Imperativo de la Ambición Climática: NDC 3.0 y los ODS 2030	12
La Trayectoria hacia el Pico de Emisiones	13
Paradigmas de Sostenibilidad Corporativa: De Cero Neto a Clima Positivo	15
La Jerarquía de la Acción Climática	15
Huella de Carbono Perú: Análisis de la Madurez Climática	17
Los Cuatro Niveles de Gestión de GEI	17
El Ranking de Reputación ESG y el Liderazgo Empresarial	18
Descarbonización de la Minería: Hacia el Cobre Verde	19
El Reto de las Emisiones de Alcance 3 en la Minería	19
Estándares Internacionales: The Copper Mark	21
Agroexportación y el Desafío de la Deforestación al 2030	21
El Impacto del Reglamento EUDR	21
Soluciones Basadas en la Naturaleza: Agricultura Regenerativa y Biochar	22
Pesquería Industrial: Transformación Energética y Economía Circular	23
El Caso de TASA y la Migración a Gas Natural	23
Acuerdos de Producción Limpia (APL)	24
El Ecosistema de las PYMES: Barreras y Oportunidades de Innovación	24
Barreras Críticas para la Sostenibilidad en las PYMES	24
El Rol de Kunan y el Emprendimiento con Propósito	26
Logística Verde: Las Arterias de la Cadena de Suministro Positiva	26
Estrategias de Transporte Responsable	26
Logística Inversa y Circularidad	27
Trazabilidad y Tecnología: Blockchain para el Clima	27
Beneficios del Blockchain en Exportaciones	28

Hoja de Ruta Nacional de Economía Circular al 2030 (HRNEC)	29
Objetivos y Resultados Esperados	29
Financiamiento Verde: El Motor de la Transición	30
Instrumentos y Avances.....	30
Capítulo 2	33
Estrategias de Descarbonización en las Cadenas de Suministro	33
Fundamentos de la Huella de Carbono en la Red de Valor	33
Categorización y Estructura del Alcance 3	34
El Problema de los Datos y la Metodología de Cálculo	34
Marcos Regulatorios Globales e Incentivos de Mercado.....	35
La Directiva sobre Información Corporativa en Materia de Sostenibilidad (CSRD).....	35
El Mecanismo de Ajuste en Frontera por Carbono (CBAM).....	36
Estrategias Técnicas para la Descarbonización del Transporte y la Logística	37
Eficiencia Energética y Optimización de la Flota	37
Combustibles Alternativos y Electrificación	38
El Papel del Transporte Multimodal	38
Digitalización y Tecnologías de Vanguardia como Habilitadores	39
Inteligencia Artificial en la Optimización Logística	39
Blockchain y la Trazabilidad de la Huella de Carbono.....	40
Gemelos Digitales para la Simulación de Escenarios.....	40
Descarbonización en Sectores Estratégicos: Minería y Consumo Masivo	40
El Sector Minero y la Transición Energética.....	41
Retail y Manufactura: El Enfoque en la Economía Circular	41
El Contexto de Descarbonización en el Perú	42
Compromisos Nacionales y la NDC 3.0	42
Normativa de Emisiones y Renovación del Parque Automotor	43
La Plataforma Huella de Carbono Perú	43
Desafíos Críticos para la Descarbonización de la Cadena de Suministro	44

Visibilidad en los Niveles Inferiores (Tier 2 y más allá).....	44
Falta de Incentivos Fiscales y Financiamiento.....	44
Estandarización de Reportes e Interoperabilidad	45
Capítulo 3	47
Acción Climática, Producción Sostenible y Transición Energética: Hacia un Modelo de Desarrollo Resiliente en el Perú y el Contexto Global.....	47
El Imperativo Energético: ODS 7 y la Transformación de la Matriz en el Perú	48
Metas e Indicadores de Desempeño Energético Global.....	48
El Mercado Eléctrico Peruano y la Participación de Renovables.....	50
Proyectos Emblemáticos y Electrificación Rural.....	52
Eficiencia Energética y Política Nacional al 2050	52
Producción y Consumo Responsables: El Giro hacia la Economía Circular (ODS 12).....	53
Gestión de Residuos Sólidos y Problemática en Lima	54
Modelos Municipales de Éxito: Magdalena Sostenible.....	55
Barreras para la Adopción de la Economía Circular en PYMES.....	56
El Rol de la Empresa Social y la Certificación de Sostenibilidad	58
Acción por el Clima: Mitigación, Adaptación y Resiliencia (ODS 13).....	59
Compromisos Nacionales: Las NDC del Perú al 2030	59
Estrategias de Adaptación y Gestión del Riesgo de Desastres	61
Marco Institucional y Participación Ciudadana en Acción Climática	61
Sinergias y Medios de Implementación: El Camino hacia el Desarrollo Sostenible	62
Financiamiento y Tecnología: Retos y Oportunidades	63
Capítulo 4	66
La acción climática en el Perú: Hoja de ruta NDC 3.0, movilidad humana, transición justa y conservación de la biodiversidad hacia 2035	66
El imperativo global y la respuesta peruana: El ciclo de las NDC 3.0.....	67
Movilidad humana y desplazamiento interno forzado por el clima.....	69
La respuesta institucional: El Plan de Acción	70

Empleos verdes: Motor de la transición justa y la reactivación económica.....	72
Protección de la biodiversidad y el Marco Global Kunming-Montreal	75
Metas de restauración y lucha contra la deforestación	75
Arquitectura financiera y cooperación internacional para la implementación	77
Mecanismos financieros innovadores	78
Desafíos de gobernanza y coherencia normativa.....	80
Capítulo 5	83
Eficiencia energética y la sostenibilidad en la producción industrial:	
Paradigma 4.0, el marco normativo y la transición energética en el Perú	83
Fundamentos conceptuales y la interrelación entre eficiencia y sostenibilidad.....	84
Beneficios estratégicos de la eficiencia energética industrial.....	85
El paradigma de la Industria 4.0 y la digitalización de la eficiencia	85
IoT y sensores inteligentes en la gestión energética.....	86
Gemelos Digitales (Digital Twins)	86
Inteligencia Artificial y mantenimiento predictivo.....	86
Tecnologías y medidas para la optimización energética industrial	87
Recuperación de calor residual	87
Electrificación y descarbonización del calor.....	87
Motores de alta eficiencia y variadores de frecuencia	88
Sistemas de Gestión Energética y la Norma ISO 50001	88
Diferencias y sinergias normativas	88
Eficiencia energética y sostenibilidad en el contexto peruano	90
Marco Legal y Política Nacional.....	90
El Sector Minero e Industrial en la Matriz Peruana	91
Iniciativas para subsectores críticos.....	91
El rol de PRODUCE y el apoyo a las MIPYMES	92
Digitalización y Autodiagnóstico	92
Incentivos Económicos y Financiamiento.....	92
Certificaciones de Edificación Sostenible: LEED y EDGE.....	93

Certificación LEED	93
Certificación EDGE	93
Barreras para la implementación de la eficiencia energética.....	94
Casos de éxito y cuantificación del impacto en el Perú	95
Proyecto CDKN y auditorías en Lima	95
Ejemplos Corporativos.....	95
Capítulo 6	98
Características de una cadena de suministro resiliente y su impacto en la seguridad multidimensional de la población peruana	98
El imperativo de la resiliencia ante la vulnerabilidad territorial y climática	99
Análisis de impactos diferenciados del Fenómeno El Niño	100
Fragilidad estructural de los nodos logísticos y la Carretera Central.....	101
Interdependencia y flujos de carga en el eje Centro-Lima	102
La revolución de la descentralización: El puerto de Chancay y nuevos nodos regionales	104
Integración territorial y corredores bioceánicos	105
Modernización institucional y el marco normativo de abastecimiento	105
El principio de Valor por Dinero y la Gestión de Riesgos	106
Transformación digital como catalizador de la visibilidad y respuesta	106
Tecnologías emergentes en la logística nacional	107
Blockchain y la integridad del suministro	107
El rol estratégico de los almacenes descentralizados.....	108
Resiliencia del tejido productivo local: MYPES y agricultura familiar	109
El apoyo a los pequeños productores y la seguridad alimentaria	109
Hacia una gestión de inventarios estratégicos: El fin del Justo a Tiempo	110
Modelado de escenarios y reservas de seguridad	111
Conclusión	113
Bibliografía	115

Introducción

La crisis climática contemporánea ha dejado de ser una externalidad teórica para convertirse en el eje central de la reestructuración económica y social del siglo XXI. En el contexto de un país megadiverso y altamente vulnerable como el Perú, la transición hacia una economía baja en carbono no representa simplemente una adhesión a protocolos internacionales, sino una estrategia de supervivencia y competitividad sistémica. El presente libro de investigación se propone analizar la trayectoria que recorre el país desde la ambición de alcanzar el cero neto hasta la meta de consolidar cadenas de suministro clima positivas, un concepto que trasciende la neutralidad para buscar un impacto neto beneficioso en el sistema climático y en la biosfera.

La noción de emisiones netas iguales a cero, o net zero, se fundamenta en un equilibrio termodinámico y químico: lograr que el total de gases de efecto invernadero emitidos a la atmósfera por la actividad humana sea igual al volumen de gases capturados o eliminados mediante sumideros naturales o soluciones tecnológicas. No obstante, la ciencia climática y las exigencias de los mercados globales han elevado la vara. Hoy hablamos de ser clima positivos, lo que implica que las organizaciones y las naciones no solo neutralicen su propia huella, sino que eliminen adicional de la atmósfera, generando un superávit de restauración ambiental que contribuya a revertir el calentamiento global.

En el Perú, este desafío se inserta en un marco de políticas públicas de largo aliento. En noviembre de 2024, el Estado oficializó la Política Nacional: Estrategia Nacional ante el Cambio Climático al 2050 (ENCC 2050), un instrumento que marca un hito al establecer la meta de neutralidad de

carbono para mediados de siglo y una reducción del 30% de los daños y pérdidas asociados a peligros climáticos. Esta estrategia no es un documento aislado; se articula con la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y sus 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible, reconociendo que no puede haber fin de la pobreza (ODS 1) ni hambre cero (ODS 2) si no se aborda con urgencia la acción por el clima (ODS 13) y la gestión sostenible de los ecosistemas terrestres (ODS 15).

El compromiso del Perú ante el Acuerdo de París se materializa en sus Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional. Estas metas han experimentado un proceso de actualización y mayor ambición. En 2016, el país se comprometió a reducir el 30% de sus emisiones proyectadas al 2030 bajo un escenario inercial; para el año 2020, esta ambición se elevó a un 40% en un escenario condicionado a la llegada de financiamiento externo y transferencia tecnológica.

El nivel de realismo y detalle técnico de estas metas ha mejorado significativamente. Actualmente, el país cuenta con un listado de 66 medidas de mitigación y múltiples acciones de adaptación aprobadas mediante marcos legales como el Decreto Supremo N.º 019-2025-MINAM. Estas medidas se dividen estratégicamente para atacar los puntos neurálgicos de la economía peruana. Por ejemplo, en el sector energía, se prioriza la penetración de renovables no convencionales (RER) y la eficiencia energética; mientras que en el sector transporte, el objetivo es la electrificación y la reducción de la demanda mediante la digitalización y el teletrabajo.

El objetivo de esta sistematización es identificar siete objetivos prioritarios que buscan solucionar el problema público del incremento acelerado de las consecuencias adversas del clima sobre la población y sus

medios de vida.

Uno de los pilares centrales de esta investigación es el análisis de las cadenas de suministro. Tradicionalmente, las empresas se han enfocado en reducir sus emisiones de Alcance 1 (emisiones directas de fuentes propias) y Alcance 2 (emisiones indirectas por la electricidad comprada). Sin embargo, en la mayoría de las industrias modernas, y especialmente en la manufactura y la agricultura, más del 90% de la huella de carbono se encuentra en el Alcance 3.

El Alcance 3 comprende todas las emisiones indirectas que ocurren en la cadena de valor de una empresa, incluyendo tanto las actividades aguas arriba (proveedores de materias primas, logística de entrada) como aguas abajo (distribución de productos, uso de bienes vendidos y su disposición final). Para que el Perú logre cadenas de suministro positivas para el clima, es indispensable que las empresas tractoras colaboren estrechamente con su red de proveedores, facilitando la transferencia de tecnologías limpias y exigiendo estándares de transparencia.

Capítulo 1

De cero emisiones netas a cadenas de suministro positivas para el clima peruano: Objetivos de Desarrollo Sostenible 2030

La transición de un modelo económico basado en la extracción lineal hacia un ecosistema de producción regenerativo representa el desafío estructural más importante para el Perú en el horizonte del año 2030. En este contexto, la evolución desde el concepto de cero emisiones netas hacia el paradigma de cadenas de suministro positivas para el clima no constituye meramente un cambio terminológico, sino una reconfiguración profunda de la competitividad nacional en el mercado global. El compromiso del Estado peruano, articulado a través de sus Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC) y alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), establece una hoja de ruta donde la descarbonización de la economía se entrelaza con la resiliencia territorial y la justicia climática.

El Imperativo de la Ambición Climática: NDC 3.0 y los ODS 2030

El marco estratégico del Perú frente al cambio climático ha experimentado una aceleración notable en su nivel de ambición. Originalmente, el país se comprometió a una reducción del 30% de sus

emisiones para el 2030, pero la actualización de las metas ha elevado este compromiso al 40%, reflejando una urgencia por mitigar los efectos de un calentamiento global que ya supera los 1.5 °C respecto a los niveles preindustriales. Este incremento en la ambición se fundamenta en la Ley Marco sobre Cambio Climático (Ley N° 30754), la cual garantiza que la gestión climática sea transversal a todos los sectores y niveles de gobierno (Ministerio del Ambiente, 2020).

La Trayectoria hacia el Pico de Emisiones

Un hito crítico en la planificación nacional es la determinación de que el pico de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) debe alcanzarse en el año 2025. A partir de este punto de inflexión (véase la Tabla 1), la trayectoria de las emisiones nacionales deberá ser estrictamente descendente para cumplir con el presupuesto de carbono asignado al país. La meta absoluta para el año 2030 establece un límite máximo de 208.8 $MtCO_2eq$ en el escenario no condicionado, aspirando a llegar a las 179.0 $MtCO_2eq$ si se cuenta con el soporte financiero y tecnológico de la cooperación internacional (Ministerio del Ambiente, 2025).

El déficit de financiamiento es el principal cuello de botella. Aunque el país requiere S/ 186,296 millones para cumplir con sus compromisos climáticos al 2030, el presupuesto asignado en la última década ha sido insuficiente para cerrar esta brecha. La "Guía para la Evaluación Económica de Medidas de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático", publicada recientemente por el MINAM, busca mejorar la toma de decisiones presupuestales, priorizando proyectos con mayor impacto social y ambiental.

Sin embargo, se requiere una mayor movilización de capital privado y la creación de mecanismos financieros innovadores, como bonos verdes y esquemas de precios de carbono, para acelerar la transición.

Tabla 1: Emisiones proyectadas y recortes BaU para el año 2025

Escenario NDC	Emisiones Proyectadas 2030 (MtCO₂eq)	Reducción respecto al BaU (%)
Escenario de Referencia (BaU)	298.3	0%
Meta No Condicionada	208.8	30%
Meta Condicionada	179.0	40%

Esta planificación se vincula directamente con los ODS 12 (Producción y Consumo Responsables) y 13 (Acción por el Clima). Mientras que el ODS 13 dicta la urgencia de la mitigación y adaptación, el ODS 12 provee las herramientas operativas para transformar las cadenas de valor, fomentando la eficiencia de recursos y la reducción de residuos a lo largo de todo el ciclo

de vida del producto.

Paradigmas de Sostenibilidad Corporativa: De Cero Neto a Clima Positivo

En el ámbito empresarial, la comprensión de la responsabilidad climática ha evolucionado desde la simple compensación de emisiones hacia la eliminación activa de carbono en la cadena de suministro. Para los profesionales de la sostenibilidad, es crucial distinguir entre la neutralidad de carbono, el cero neto y el impacto positivo (Bárcena et al., 2020).

La Jerarquía de la Acción Climática

La transición hacia una cadena de suministro clima positiva requiere una adherencia estricta a la jerarquía de mitigación. En primer lugar, la reducción drástica de emisiones debe alcanzar al menos el 90% en comparación con el año base, cubriendo los alcances 1, 2 y 3. El alcance 3, que incluye las emisiones generadas por proveedores y clientes, representa frecuentemente más del 70% de la huella total de una empresa, siendo el área de mayor complejidad y oportunidad para la transformación.

En segundo lugar, la neutralización mediante créditos de eliminación de carbono solo es aceptable para las emisiones residuales que son tecnológicamente imposibles de eliminar hoy en día. Finalmente, el estado de clima positivo se alcanza cuando una organización, mediante sus operaciones y su influencia en la cadena de valor, retira de la atmósfera una cantidad de GEI superior a la que emite, generando un beneficio regenerativo para el ecosistema (véase la Tabla 2).

Tabla 2: Carbono neutral, cero neto y clima positivo en la jerarquía de acción climática

Concepto	Reducción de Emisiones Requerida	Uso de Compensaciones	Horizonte de Impacto
Carbono Neutral	Variable / No definida	Extensivo (Evitación y Eliminación)	Inmediato
Cero Neto (Net Zero)	Mínimo 90%	Solo para emisiones residuales (Eliminación)	2040 - 2050
Clima Positivo	Máxima posible	Eliminación > Emisión Residual	Regenerativo

Huella de Carbono Perú: Análisis de la Madurez Climática

El Ministerio del Ambiente (MINAM) ha institucionalizado la plataforma Huella de Carbono Perú como el principal mecanismo de reconocimiento para la gestión de emisiones en el sector privado y público. El sistema de cuatro niveles de reconocimiento permite trazar la evolución de las organizaciones desde la medición básica hasta el involucramiento profundo de sus cadenas de suministro.

Los Cuatro Niveles de Gestión de GEI

1. **Medición (Nivel 1):** Reporte inicial del inventario de GEI basado en la norma NTP ISO 14064-1:2020. Hasta la fecha, 850 organizaciones han completado este nivel.
2. **Verificación (Nivel 2):** Validación de los datos por un tercero independiente (Empresa Verificadora). 243 organizaciones han alcanzado este hito.
3. **Reducción (Nivel 3):** Demostración de una reducción real y cuantificable en las emisiones de un periodo a otro. 77 organizaciones han logrado este nivel de eficiencia.
4. **Reducción+ (Nivel 4):** El nivel de excelencia que exige neutralizar emisiones residuales, demostrar reducciones sostenidas o, lo más relevante para el paradigma clima positivo, involucrar activamente a los proveedores en la gestión de su propia huella. Solo 31 organizaciones han alcanzado este nivel histórico.

El Ranking de Reputación ESG y el Liderazgo Empresarial

La sostenibilidad ya no es un factor periférico, sino un componente central de la reputación corporativa. El ranking Merco ESG 2025 destaca a las empresas que han integrado la sostenibilidad en su ADN operativo. El Banco de Crédito del Perú (BCP), por ejemplo, no solo lidera este ranking, sino que también ha obtenido la cuarta estrella de Huella de Carbono Perú, demostrando que el sector financiero actúa como un multiplicador de prácticas sostenibles mediante sus criterios de inversión y préstamo, véase la Tabla 3 (Gestión, 2026).

Tabla 3: Puesto Merco ESG 2025

Puesto Merco ESG 2025	Empresa	Acción Destacada
1	BCP	Cuarta estrella Huella de Carbono
2	Natura Cosméticos	Modelo de bionegocio y regeneración
3	BBVA	Finanzas sostenibles y cero neto
4	Interbank	Digitalización y eficiencia
5	Ferreycorp	Logística y servicios

		industriales
6	Nestlé	Liderazgo en atracción de talento y circularidad

Descarbonización de la Minería: Hacia el Cobre Verde

El Perú se posiciona como el segundo productor mundial de cobre, un mineral indispensable para la electrificación global y la transición energética. Sin embargo, la industria minera enfrenta el desafío de reducir su propia intensidad de carbono para satisfacer la demanda de mercados que exigen trazabilidad y bajas emisiones.

El Reto de las Emisiones de Alcance 3 en la Minería

Mientras que las operaciones mineras han avanzado en el Alcance 1 (emisiones directas) y Alcance 2 (energía eléctrica renovable), el Alcance 3 presenta los desafíos más estructurales. Las emisiones aguas arriba (upstream) y aguas abajo (downstream) de la producción de cobre incluyen insumos críticos cuya fabricación es intensiva en carbono (véase la Tabla 4).

Tabla 4: Insumos críticos y las estrategias de mitigación

Insumo Crítico	Categoría Alcance 3	Estrategia de Mitigación
Diésel para flotas	Bienes adquiridos /	Migración a hidrógeno verde y electrificación.

	Logística	
Bolas de molienda	Bienes adquiridos	Reciclaje de chatarra de acero y economía circular.
Explosivos (Amoníaco)	Bienes adquiridos	Sustitución por amoníaco verde generado con renovables.
Cal reactiva	Bienes adquiridos	Optimización de procesos y captura de carbono en hornos.
Neumáticos OTR	Bienes adquiridos	Retrabajo de caucho y pirólisis para recuperación de valor.

La implementación de una Calculadora de Emisiones de Alcance 3 adaptada a la minería peruana permite a las empresas identificar los puntos críticos de su suministro. Por ejemplo, el consumo de diésel en el sector representa aproximadamente el 20% del total nacional, lo que otorga al hidrógeno verde un potencial de mitigación de 5 millones de toneladas de CO_2 anuales mediante una demanda estimada de 457,000 toneladas de hidrógeno verde para el año 2030.

Estándares Internacionales: The Copper Mark

La obtención de certificaciones como The Copper Mark por parte de minas en el Perú (que ya representan un tercio de la producción nacional de cobre) garantiza que los procesos cumplen con rigurosos estándares de sostenibilidad. Esto no solo mitiga riesgos ambientales, sino que asegura que las comunidades locales se beneficien de una gobernanza inclusiva, factor clave para la estabilidad social de los proyectos (Cerro Verde, 2024).

Agroexportación y el Desafío de la Deforestación al 2030

El sector agroexportador peruano ha logrado un crecimiento histórico, con ventas que superan los US\$ 12,000 millones. Productos como el arándano, la palta y la uva son líderes en mercados exigentes como Estados Unidos y la Unión Europea. Sin embargo, la entrada en vigor del Reglamento de la Unión Europea sobre Productos Libres de Deforestación (EUDR) plantea una reconfiguración total de la cadena de suministro.

El Impacto del Reglamento EUDR

El reglamento prohíbe la importación de productos (café, cacao, aceite de palma, caucho, entre otros) que provengan de tierras deforestadas después del 31 de diciembre de 2020. Como puede verse en la Tabla 5, en el Perú, donde el 98% de las unidades agropecuarias son menores a 50 hectáreas, el riesgo de exclusión de los pequeños productores de la cadena de suministro global es alto si no se implementan sistemas de trazabilidad efectivos (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, 2025).

Tabla 5: Cadenas de suministro y mercado principal de colocación

Producto	Mercado Principal	Desafío de Trazabilidad
Café	Unión Europea	Pequeños productores en zonas de selva alta.
Cacao	Unión Europea	Normativa sobre cadmio y ahora deforestación.
Palta Hass	Global	Consumo de agua y trazabilidad de origen en la costa.
Arándano	Global	Logística de frío y huella de carbono del transporte.

Soluciones Basadas en la Naturaleza: Agricultura Regenerativa y Biochar

Frente a la degradación de los suelos y las exigencias climáticas, la agricultura regenerativa ofrece un camino hacia cadenas de suministro positivas. El uso de biochar (carbón vegetal obtenido por pirólisis de residuos agrícolas) se presenta como una innovación disruptiva en regiones como Piura. La firma Inspiratus Technologies ha inaugurado la primera planta industrial de biochar en el país, capaz de procesar 40,000 toneladas de residuos anuales

para convertirlos en sumideros permanentes de carbono, mejorando la retención de agua y nutrientes en el suelo.

Esta tecnología no solo elimina la quema de rastrojos, reduciendo las emisiones de material particulado y GEI, sino que permite a las agroexportadoras reportar capturas de carbono reales en sus balances, moviéndose hacia el impacto clima positivo.

Pesquería Industrial: Transformación Energética y Economía Circular

La industria pesquera peruana, enfocada principalmente en la anchoveta, es una de las más eficientes del mundo. No obstante, la dependencia histórica de los combustibles fósiles para el procesamiento de harina y aceite de pescado está siendo sustituida por el gas natural y la eficiencia energética.

El Caso de TASA y la Migración a Gas Natural

La empresa pesquera TASA ha liderado la transición energética en el sector. Al migrar la matriz energética de su planta en Chimbote hacia el gas natural, ha logrado reducir sus emisiones anuales en un 18%, evitando la liberación de 6,500 toneladas de CO_2 . Esta acción impacta directamente en su huella corporativa, logrando una reducción del 3.71% en términos globales y reforzando su posición como la primera pesquera en formar parte del programa Huella de Carbono Perú (Infobae, 2025).

Acuerdos de Producción Limpia (APL)

A través de la Sociedad Nacional de Pesquería (SNP), el sector ha suscrito Acuerdos de Producción Limpia con los Ministerios del Ambiente y de la Producción. Estos acuerdos se centran en:

- **Gestión de Residuos:** Reaprovechamiento de efluentes marinos y transformación de residuos sólidos en subproductos de valor.
- **Eficiencia Hídrica:** Medición de la huella hídrica y reducción del consumo de agua dulce en los procesos industriales.
- **Bionegocios:** Desarrollo de ingredientes marinos de alta calidad (EPA/DHA) con trazabilidad completa desde la captura hasta el producto final.

El Ecosistema de las PYMES: Barreras y Oportunidades de Innovación

Las PYMES constituyen el 99% del tejido empresarial del Perú, pero enfrentan obstáculos críticos para adoptar prácticas de sostenibilidad que les permitan integrarse en cadenas de suministro clima positivas.

Barreras Críticas para la Sostenibilidad en las PYMES

Un estudio del sector identifica tres barreras fundamentales que frenan la transición verde en las pequeñas empresas (véase la Tabla 6):

1. **Falta de Financiamiento:** El 51% de las PYMES señala la carencia de recursos financieros como el principal obstáculo. Solo el 40% accede a créditos bancarios, y la mayoría depende de recursos propios para

cualquier mejora operativa.

2. **Brechas de Formación Técnica:** El 50% de los empresarios menciona la ausencia de conocimientos técnicos sobre economía circular, medición de huella o implementación de estándares ESG.
3. **Inseguridad y Costos:** La inseguridad ciudadana (52%) y el alza en los costos de producción (37%) son preocupaciones inmediatas que desplazan la sostenibilidad de la agenda estratégica.

Tabla 6: Desafíos de las pymes para la transición verde

Desafío PYME	Porcentaje	Implicancia Estratégica
Inseguridad Ciudadana	52%	Afecta la estabilidad operativa y costos de seguros.
Falta de Recursos Financieros	51%	Limita la inversión en tecnología limpia.
Ausencia de Formación Técnica	50%	Dificulta el cumplimiento de exigencias internacionales.
Uso de Recursos Propios para Inversión	49%	Ralentiza el escalamiento de proyectos sostenibles.

El Rol de Kunan y el Emprendimiento con Propósito

A pesar de las barreras, el ecosistema de emprendimiento social y ambiental en el Perú está floreciendo. La plataforma Kunan ha identificado más de 400 emprendimientos a nivel nacional que resuelven desafíos de sostenibilidad con modelos de negocio innovadores. Ganadores del Desafío Kunan 2025, como Kawat (proteína de insecto de residuos agroindustriales) y Piola Brands (accesorios *zero waste*), demuestran que es posible construir cadenas de valor regenerativas desde la pequeña empresa (La República, 2025).

Logística Verde: Las Arterias de la Cadena de Suministro Positiva

La logística representa aproximadamente el 15% de las emisiones globales de GEI. En el Perú, la transformación del transporte logístico es un pilar fundamental para alcanzar las metas del 2030, dado que el parque automotor es responsable de 13 millones de toneladas de CO_2 anuales.

Estrategias de Transporte Responsable

Las empresas líderes en el mercado peruano están implementando estrategias de logística verde que no solo reducen el impacto ambiental, sino que optimizan la rentabilidad.

- **Electromovilidad y Última Milla:** DHL Express Perú ha integrado furgonetas eléctricas en su flota de Lima, logrando una reducción de emisiones del 19% por cada parada y una disminución del 21% en el

consumo de energía.

- **Transporte Intermodal:** La integración de modos ferroviarios y marítimos para reducir la dependencia del transporte por carretera puede reducir las emisiones en un 90%, como lo ha demostrado Henkel en sus operaciones internacionales.
- **Telemetría y Optimización de Rutas:** El uso de software avanzado para reducir los kilómetros en vacío y optimizar las cargas permite ahorros de combustible de hasta un 30%, mitigando el impacto del Alcance 1 de las empresas de transporte.

Logística Inversa y Circularidad

La gestión de inventarios y el diseño de empaques son críticos. Empresas como The Home Depot y FEMSA aplican modelos de logística inversa para recolectar tarimas de madera, plásticos y productos dañados, reincorporándolos al ciclo productivo y evitando su disposición en rellenos sanitarios. En el Perú, se está promoviendo el uso de materiales reciclados en nuevos empaques para cerrar el flujo de recursos.

Trazabilidad y Tecnología: Blockchain para el Clima

La transparencia es la moneda de cambio en las cadenas de suministro modernas. El uso de la tecnología blockchain permite registrar de manera inmutable cada etapa del proceso productivo, garantizando que el producto cumple con los estándares sociales y ambientales prometidos (Observatorio Ceplan, 2025).

Beneficios del Blockchain en Exportaciones

Un piloto de implementación de blockchain en las exportaciones de palta Hass hacia el mercado asiático estimó un aumento del 15% en las ventas gracias a la mayor confianza del consumidor en la trazabilidad del producto. Asimismo, el programa CampoDigital utiliza blockchain e imágenes satelitales para validar que las parcelas de los pequeños agricultores están libres de deforestación, cumpliendo automáticamente con las regulaciones de la Unión Europea y reduciendo en un 50% el tiempo de trámites aduaneros mediante la validación digital automática (véase la Tabla 7).

Tabla 7: Beneficios del Blockchain y el impacto estimado

Aplicación Tecnológica	Beneficio Climático / Operativo	Impacto Estimado
Blockchain	Trazabilidad inmutable de origen y deforestación	-50% tiempo en trámites aduaneros.
Monitoreo Satelital	Validación de cumplimiento EUDR	Acceso garantizado al mercado europeo.
Telemetría Vehicular	Optimización de rutas y consumo de diésel	-30% consumo de combustible.
IA en Agricultura	Recomendaciones de	Optimización de recursos hídricos.

	riego y ahorro de agua	
--	------------------------	--

Hoja de Ruta Nacional de Economía Circular al 2030 (HRNEC)

Para orquestar estos esfuerzos dispersos, el Gobierno del Perú ha oficializado la Hoja de Ruta Nacional de Economía Circular al 2030. Este instrumento busca desacoplar el crecimiento económico del consumo intensivo de recursos naturales, promoviendo un modelo de producción donde el residuo se convierta en recurso.

Objetivos y Resultados Esperados

La implementación de la HRNEC traerá beneficios sistémicos para la economía peruana hacia el final de la década:

- **Crecimiento del PBI:** Se proyecta un incremento del 2% del PBI nacional, lo que representa aproximadamente S/ 14,000 millones adicionales circulando en la economía bajo criterios sostenibles.
- **Empleo Verde:** La creación de más de 306,000 nuevos puestos de trabajo directamente vinculados a actividades de circularidad, como la remanufactura, la reparación y el reciclaje avanzado.
- **Eficiencia Material:** Una reducción en el consumo doméstico de materiales de 75.3 millones de toneladas, disminuyendo la presión sobre los ecosistemas y la generación de residuos sólidos.
- **Gobernanza Territorial:** El desarrollo de espacios de articulación en

regiones estratégicas como Piura, Arequipa y Ucayali para adaptar la circularidad a las necesidades locales.

Financiamiento Verde: El Motor de la Transición

Ninguna de estas transformaciones es posible sin una arquitectura financiera que respalde la inversión en tecnologías bajas en carbono. La Hoja de Ruta de Finanzas Verdes del Perú establece el marco para que el sector financiero identifique y mitigue riesgos climáticos, canalizando capital hacia proyectos de infraestructura sostenible y bionegocios Grupo Banco Mundial, 2025).

Instrumentos y Avances

El sistema de Cajas Municipales (como Caja Huancayo y Caja Arequipa) ha sido pionero en lanzar productos financieros como Crediecológico y Biocrédito, diseñados para que las PYMES rurales y urbanas puedan adquirir tecnologías de adaptación y mitigación, como paneles solares o sistemas de riego tecnificado. A nivel macro, la Estrategia Nacional de Financiamiento Climático busca cerrar la brecha financiera mediante la atracción de fondos internacionales y la creación de mercados de carbono domésticos, permitiendo que la conservación de bosques genere valor económico directo para las comunidades.

Hacia el año 2030, la posición del Perú en el escenario internacional dependerá de su capacidad para ofrecer productos y servicios con integridad climática. La transición de cero emisiones netas hacia cadenas de suministro

positivas para el clima requiere una acción coordinada y urgente sobre cuatro ejes fundamentales (Tapia et al., 2023).

Primero, la descarbonización del Alcance 3 debe ser la prioridad estratégica de las grandes corporaciones. La minería, la agroexportación y la pesca industrial tienen la responsabilidad de actuar como locomotoras de sostenibilidad, integrando a sus proveedores en programas de medición y reducción de huella, utilizando herramientas como la cuarta estrella de Huella de Carbono Perú.

Segundo, la adopción de tecnología para la trazabilidad es innegociable. El cumplimiento del reglamento EUDR de la Unión Europea y las demandas de transparencia de los consumidores globales exigen el uso de blockchain y monitoreo satelital para garantizar cadenas de suministro libres de deforestación y respetuosas de los derechos humanos.

Tercero, la economía circular debe ser el motor de la competitividad. La implementación de la Hoja de Ruta Nacional al 2030 ofrece una oportunidad para reducir costos operativos, innovar en el diseño de productos y generar empleos resilientes en todo el territorio nacional, especialmente fuera de Lima.

Cuarto, el fortalecimiento de las PYMES es esencial para la justicia climática. El acceso a financiamiento verde y capacitación técnica permitirá que el tejido empresarial más grande del país no quede rezagado, sino que se convierta en el protagonista de un crecimiento económico que no deje a nadie atrás.

El Perú posee las condiciones geográficas, la biodiversidad y el marco legal para liderar la agenda climática en la región. Al alinear sus NDC con una

visión de cadena de suministro positiva, el país no solo cumple con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, sino que asegura su prosperidad y resiliencia en un mundo de recursos finitos y clima cambiante (Ministerio del Ambiente, 2016).

Capítulo 2

Estrategias de Descarbonización en las Cadenas de Suministro

La transición hacia una economía de emisiones netas cero ha dejado de ser una aspiración de responsabilidad social corporativa para convertirse en un imperativo estratégico y operativo para las empresas globales. En este contexto, la cadena de suministro se identifica como el área de mayor impacto y, simultáneamente, la más compleja de gestionar en la lucha contra el cambio climático.

Las investigaciones indican que más del 70% de las emisiones totales de carbono a nivel mundial no se generan dentro de las cuatro paredes de una organización, sino a lo largo de su red de valor, abarcando desde la extracción de materias primas hasta el uso final de los productos por parte del consumidor. Este informe analiza en profundidad los mecanismos de descarbonización, los marcos regulatorios internacionales, el papel de la tecnología y la situación específica en mercados emergentes como el Perú.

Fundamentos de la Huella de Carbono en la Red de Valor

La contabilidad de los gases de efecto invernadero (GEI) se estructura tradicionalmente en tres alcances definidos por el Protocolo de GEI (GHG Protocol). El Alcance 1 se refiere a las emisiones directas de fuentes propias o

controladas, mientras que el Alcance 2 cubre las emisiones indirectas asociadas con la generación de electricidad, vapor o calefacción adquiridos. Sin embargo, el verdadero desafío reside en el Alcance 3, que engloba todas las demás emisiones indirectas que ocurren en la cadena de valor de una empresa, incluyendo tanto actividades aguas arriba (upstream) como aguas abajo (downstream).

Categorización y Estructura del Alcance 3

El Protocolo de GEI divide el Alcance 3 en 15 categorías diseñadas para proporcionar una estructura sistemática a la información reportada. Esta división es crucial porque permite a las organizaciones identificar los puntos críticos (hotspots) donde sus intervenciones serán más efectivas. Las emisiones de Alcance 3 de una organización suelen ser las emisiones de Alcance 1 y 2 de sus proveedores o clientes. La importancia relativa de estas categorías varía significativamente según el sector industrial. Mientras que para una empresa de servicios financieros la categoría 15 es la más crítica, para un fabricante de automóviles, la categoría 11 (uso de productos vendidos) suele representar la mayor parte de su impacto ambiental.

El Problema de los Datos y la Metodología de Cálculo

Uno de los mayores obstáculos para la descarbonización efectiva es la falta de datos primarios precisos. Históricamente, las empresas han dependido de promedios de la industria o factores de emisión basados en el gasto financiero para estimar su impacto de Alcance 3. Si bien este enfoque permite una evaluación inicial, carece de la granularidad necesaria para medir el progreso real derivado de intervenciones específicas en la cadena de

suministro.

El Protocolo de GEI describe 13 métodos de cálculo para abordar la variabilidad en la disponibilidad de datos. Las organizaciones buscan transitar de métodos basados en el gasto a métodos basados en la actividad, que utilizan datos físicos como el peso de los materiales o los kilómetros recorridos. Este cambio requiere una colaboración estrecha con los proveedores, quienes deben ser capaces de reportar su propia huella de carbono de manera estructurada y transparente (Martínez et al., 2021).

Marcos Regulatorios Globales e Incentivos de Mercado

La descarbonización ha pasado de ser un ejercicio de transparencia voluntaria a un requisito legal obligatorio en mercados clave. La Unión Europea (UE) lidera esta transición a través de normativas que buscan nivelar el campo de juego para las empresas que invierten en sostenibilidad.

La Directiva sobre Información Corporativa en Materia de Sostenibilidad (CSRD)

La CSRD exige que aproximadamente 50,000 empresas que operan en la UE reporten sus emisiones de Alcance 3 de manera obligatoria. Esta normativa no solo afecta a las grandes empresas europeas, sino también a sus proveedores en todo el mundo, incluidos aquellos en América Latina que exportan al mercado común. La directiva busca garantizar que la información sobre sostenibilidad sea tan auditable y transparente como la información

financiera, impulsando a las empresas a implementar sistemas automatizados de recopilación de datos.

El Mecanismo de Ajuste en Frontera por Carbono (CBAM)

El CBAM es quizás el instrumento regulatorio más disruptivo para el comercio internacional en las últimas décadas. Su objetivo es evitar la fuga de carbono, que ocurre cuando las empresas trasladan su producción a países con políticas climáticas menos estrictas. El mecanismo impone un precio al carbono sobre las importaciones de bienes con uso intensivo de energía, equiparándolo al costo que asumen los productores europeos bajo el Régimen de Comercio de Emisiones (ETS) de la UE.

La implementación del CBAM se realiza en dos fases críticas. La fase de transición comenzó el 1 de octubre de 2023 y se extiende hasta el 31 de diciembre de 2025, periodo en el cual los importadores deben presentar informes trimestrales de emisiones pero sin enfrentar sanciones financieras. A partir de 2026, el mecanismo entrará en su fase definitiva, exigiendo la compra de certificados CBAM para cubrir las emisiones incorporadas en los productos.

El impacto geopolítico del CBAM es profundo. Se estima que, si bien puede incentivar la descarbonización global, también podría reducir los ingresos de los países en desarrollo en aproximadamente 5,900 millones de dólares, mientras que las naciones industrializadas podrían ver un incremento de 2,500 millones. Países como Marruecos ya están considerando la implementación de impuestos nacionales sobre el carbono para mantener la competitividad de sus exportaciones y evitar que el recargo financiero sea

recaudado exclusivamente por la UE.

Estrategias Técnicas para la Descarbonización del Transporte y la Logística

El sector transporte es uno de los mayores emisores de GEI, representando casi una cuarta parte de las emisiones totales de CO₂ relacionadas con la energía. En el ámbito de la logística internacional, las fuentes de impacto incluyen el consumo de combustibles fósiles, el uso ineficiente de rutas y las cargas parciales de vehículos (Guo et al., 2024).

Eficiencia Energética y Optimización de la Flota

La reducción de emisiones en el transporte terrestre se basa en tres pilares: reducir la distancia recorrida, reemplazar los combustibles fósiles y repensar la colaboración logística. La eficiencia del combustible varía significativamente según el sector; por ejemplo, el transporte de bienes duraderos alcanza promedios de 7.8 millas por galón (MPG), mientras que el sector de alimentos y bebidas promedia 6.7 MPG.

La renovación de la flota es una estrategia directa y efectiva. Los camiones más nuevos son sustancialmente más eficientes debido a mejoras aerodinámicas y tecnologías de motor avanzadas. En 2025, se observa que los transportistas líderes operan flotas con una antigüedad media de 4.24 años, frente a los 8.65 años promedio de la industria general. Esta diferencia tecnológica se traduce en reducciones directas de emisiones y costos operativos.

Combustibles Alternativos y Electrificación

La transición energética en el transporte pesado se enfrenta a desafíos de infraestructura y densidad energética. No obstante, diversas alternativas están ganando tracción según el modo de transporte y la distancia del trayecto.

1. **Transporte Terrestre Eléctrico:** Ideal para la logística de última milla y rutas urbanas. Los vehículos eléctricos eliminan las emisiones de escape y reducen significativamente la huella total cuando se cargan con energía de fuentes renovables.
2. **Biocombustibles y Gas Natural Renovable (GNR):** El GNR puede reducir las emisiones de GEI hasta en un 151% dependiendo de su materia prima (por ejemplo, estiércol), convirtiéndose en una solución de carbono negativo. El biodiésel y el HVO (aceite vegetal hidrogenado) pueden integrarse en flotas existentes sin requerir cambios mecánicos profundos.
3. **Hidrógeno Verde:** Se posiciona como la solución a largo plazo para el transporte de carga pesada y larga distancia donde las baterías eléctricas resultan demasiado pesadas o ineficientes.
4. **Combustibles Marítimos Sostenibles:** El sector marítimo, responsable de gran parte del comercio global, está adoptando metanol verde y amoníaco. Navieras como Maersk ya operan buques que reducen hasta un 70% las emisiones utilizando estos combustibles.

El Papel del Transporte Multimodal

La integración de diferentes modos de transporte es esencial para optimizar la eficiencia. El transporte intermodal permite aprovechar la

flexibilidad de los camiones para trayectos cortos, la eficiencia de los trenes para medianas distancias y las bajas emisiones por tonelada-kilómetro del transporte marítimo para rutas transoceánicas. Se estima que cambiar el modo de transporte de carretera a ferrocarril en corredores específicos puede reducir las emisiones entre un 50% y un 70%.

Digitalización y Tecnologías de Vanguardia como Habilitadores

La complejidad de las cadenas de suministro globales exige herramientas digitales avanzadas para lograr la transparencia y la trazabilidad necesarias para la descarbonización. La convergencia de la Inteligencia Artificial (IA), el Blockchain y los Gemelos Digitales está transformando la gestión del carbono (Su, 2026).

Inteligencia Artificial en la Optimización Logística

La IA se utiliza para analizar grandes volúmenes de datos en tiempo real, permitiendo una planificación de rutas proactiva y la consolidación inteligente de cargas. Herramientas impulsadas por IA pueden identificar sinergias en la red que pasan desapercibidas para los planificadores humanos, eliminando kilómetros en vacío y optimizando el uso de la capacidad. Proyectos como ADMIRAL en Europa están probando soluciones de IA específicamente diseñadas para gestionar cadenas logísticas multimodales con el objetivo de reducir las emisiones del transporte.

Blockchain y la Trazabilidad de la Huella de Carbono

La tecnología blockchain ofrece un registro inmutable y descentralizado que permite rastrear la huella de carbono de un producto a lo largo de cada eslabón de la cadena de suministro. Esto es vital para cumplir con regulaciones como el CBAM, donde la verificación de los datos de emisiones es un requisito de cumplimiento. Plataformas como SIMPLE en España utilizan blockchain para lograr una gestión digital integrada de documentos y datos, mejorando la seguridad y eliminando ineficiencias en el flujo de información.

Gemelos Digitales para la Simulación de Escenarios

Los Gemelos Digitales permiten replicar virtualmente sistemas logísticos complejos para simular el impacto de decisiones estratégicas relacionadas con la sostenibilidad antes de su implementación física. Esto incluye la planificación de nuevas instalaciones o la reconfiguración de redes de distribución para minimizar el consumo energético. En sectores intensivos en energía, como el vidrio y el aluminio, se utilizan gemelos digitales para evaluar el mantenimiento predictivo de hornos que utilizan combustión de hidrógeno, asegurando la máxima eficiencia del proceso.

Descarbonización en Sectores Estratégicos: Minería y Consumo Masivo

Diferentes sectores enfrentan retos únicos. La industria minera y el sector de consumo masivo (retail y manufactura) ofrecen perspectivas contrastantes sobre las mejores prácticas de descarbonización.

El Sector Minero y la Transición Energética

La minería es un consumidor masivo de energía, con un 45% proveniente del diésel y un 55% de la electricidad. La descarbonización en este sector se centra en la electrificación de flotas y el uso de microrredes (microgrids) autónomas que integran fuentes de energía renovable in situ.

Empresas como Eramet han establecido objetivos validados por la iniciativa SBTi para reducir sus emisiones de Alcance 1 y 2 en un 40% para 2035. Sus proyectos incluyen cintas transportadoras eléctricas en Gabón para reemplazar camiones y plantas de energía solar en Senegal. La minería también impulsa la demanda de hidrógeno verde; se estima que solo en el sector minero chileno existe un potencial de demanda de 457,000 toneladas de hidrógeno verde al año, lo que permitiría mitigar unos 5 millones de toneladas de CO₂.

Retail y Manufactura: El Enfoque en la Economía Circular

En el sector de consumo masivo, la descarbonización está intrínsecamente ligada a la economía circular y la gestión de residuos. Empresas como Peñafiel en México han implementado estrategias para incorporar resina reciclada en más del 35% de sus botellas PET y transformar lodos de procesos en abono orgánico, logrando que el 98% de sus residuos ya no vayan a rellenos sanitarios.

Nestlé ha sido reconocida por su plan de descarbonización logística que integra camiones eléctricos y el uso de biocombustibles avanzados HVO (producidos a partir de aceites vegetales usados), logrando una reducción anual de 9,500 toneladas de CO₂. Estas iniciativas demuestran que la

colaboración con proveedores logísticos es esencial para transformar el sector de gran consumo.

El Contexto de Descarbonización en el Perú

Perú enfrenta el desafío de descarbonizar una economía donde el transporte es el sector que más contribuye a la generación de GEI, representando el 40% de las emisiones relacionadas con la energía y el 12.2% de las emisiones totales del país en 2019.

Compromisos Nacionales y la NDC 3.0

El Estado peruano ha establecido metas ambiciosas a través de su Tercera Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC 3.0). El compromiso hacia el 2035 es no superar las 179 MtCO₂eq, con la visión de alcanzar la neutralidad de emisiones para el año 2050. Para lograr estos objetivos, el país ha formalizado 66 medidas de mitigación en diversos sectores(véase la Tabla 8).

Tabla 8: Meta climática del Perú

Meta Climática del Perú	Objetivo Detallado y Marco Temporal
Meta 2035 (NDC 3.0)	No superar las 179 MtCO ₂ eq (sujeto a financiamiento internacional).
Meta 2050 (Neutralidad)	Alcanzar emisiones netas iguales a cero para mediados de siglo.

Mitigación en Transporte	Implementación de programas de chatarreo y conducción eficiente.
Estado de Implementación	41% de las medidas de mitigación están en fase de ejecución a mayo de 2025.

Normativa de Emisiones y Renovación del Parque Automotor

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y el Ministerio del Ambiente (MINAM) han actualizado los Límites Máximos Permisibles (LMP) para emisiones vehiculares. A partir de octubre de 2024, se exige el cumplimiento de la norma Euro 6 o equivalente para nuevas incorporaciones de vehículos livianos y pesados, lo que representa un salto cualitativo desde la norma Euro 4 vigente hasta septiembre de 2024.

Además, el país cuenta con el Programa Nacional de Chatarreo de Vehículos, que busca renovar una flota donde aproximadamente 75,000 vehículos de carga tienen más de 15 años de antigüedad. El proyecto TRANSfer ha sido clave en la promoción de estas políticas, estimando que la combinación de chatarreo y programas de conducción eficiente puede reducir las emisiones en 5 MtCO₂e para el 2030.

La Plataforma Huella de Carbono Perú

Una de las herramientas más exitosas para involucrar al sector privado es la plataforma Huella de Carbono Perú del MINAM. Esta herramienta

gratuita permite a las empresas medir, verificar, reducir y neutralizar sus emisiones de GEI, otorgando sellos de reconocimiento oficial. Al cierre de 2022, más de 700 organizaciones figuraban en la plataforma, reflejando una maduración en la gestión ambiental del sector empresarial peruano. Ocho empresas peruanas, incluyendo a Alicorp, han sido destacadas en el Anuario de Sostenibilidad de S&P Global, lo que subraya el compromiso de las compañías locales con los estándares internacionales.

Desafíos Críticos para la Descarbonización de la Cadena de Suministro

A pesar del progreso, persisten barreras significativas que dificultan la transición hacia cadenas de suministro de bajo carbono.

Visibilidad en los Niveles Inferiores (Tier 2 y más allá)

La mayoría de las empresas tienen una relación directa y capacidad de influencia sobre sus proveedores de primer nivel (Tier 1). Sin embargo, la visibilidad disminuye drásticamente en los niveles inferiores de la cadena, donde la complejidad aumenta y las regulaciones suelen ser menos estrictas. La mayoría de las emisiones de Alcance 3 se originan precisamente en estos niveles remotos de la cadena de valor, lo que requiere un esfuerzo masivo de educación y transferencia tecnológica.

Falta de Incentivos Fiscales y Financiamiento

El análisis de las políticas públicas en Perú revela que, aunque existe un discurso recurrente sobre la descarbonización, hay una ausencia de

incentivos fiscales específicos para la renovación del parque automotor o para el desarrollo de una industria nacional de vehículos eléctricos y baterías. El costo inicial de las tecnologías limpias sigue siendo una barrera para las pequeñas y medianas empresas (PYMES), que constituyen la base de la mayoría de las cadenas de suministro.

Estandarización de Reportes e Interoperabilidad

Existe una proliferación de marcos de reporte (CDP, GRI, TCFD, CSRD, CBAM) que genera fatiga en los proveedores, quienes deben responder a múltiples solicitudes de datos en diferentes formatos. La falta de un estándar global e interoperable para el intercambio de datos sobre la huella de carbono del producto (PCF) dificulta la comparación y la agregación de información a nivel de industria.

La descarbonización de la cadena de suministro es una transformación estructural que requiere un cambio de paradigma en la gestión empresarial. Ya no es posible gestionar las operaciones de manera aislada; el éxito climático depende de la capacidad de colaborar profundamente con socios comerciales y competidores por igual (Petropoulos, 2026).

Las organizaciones líderes están adoptando un enfoque de cuatro etapas:

1. **Medición y Diagnóstico:** Establecer una línea de base robusta utilizando datos primarios siempre que sea posible y enfocándose en las categorías de mayor impacto del Alcance 3.
2. **Involucramiento de Proveedores:** Integrar criterios climáticos en las políticas de compra, estableciendo objetivos de reducción obligatorios en

los contratos y proporcionando apoyo técnico para el cumplimiento.

3. **Innovación y Tecnología:** Invertir en digitalización, IA y blockchain para obtener visibilidad en tiempo real y optimizar la eficiencia logística.
4. **Adaptación Regulatoria:** Prepararse proactivamente para normativas como el CBAM y la CSRD, convirtiendo el cumplimiento en una ventaja competitiva.

En el caso del Perú, la transición hacia la movilidad eléctrica y el cumplimiento de las metas de la NDC 3.0 ofrecen oportunidades para modernizar la infraestructura logística y reducir la dependencia de los combustibles fósiles. La adopción de estándares Euro 6 y el fortalecimiento de herramientas como la Huella de Carbono Perú son pasos fundamentales hacia un futuro logístico más resiliente y competitivo en el mercado global. La descarbonización es, en última instancia, el motor de la excelencia operativa y la supervivencia empresarial en el siglo XXI.

Capítulo 3

Acción Climática, Producción Sostenible y Transición Energética: Hacia un Modelo de Desarrollo Resiliente en el Perú y el Contexto Global

La arquitectura del desarrollo global contemporáneo se sostiene sobre la premisa de que el crecimiento económico, la inclusión social y la protección del medio ambiente deben avanzar en una armonía indisoluble para garantizar el bienestar de las sociedades presentes y futuras. Esta concepción, consolidada en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, identifica tres pilares críticos cuya interconexión define la viabilidad del sistema planetario: el acceso a una energía asequible y no contaminante (ODS 7), la transición hacia modelos de producción y consumo responsables (ODS 12) y la adopción de medidas urgentes para combatir el cambio climático (ODS 13).

El análisis de estos objetivos revela que no son compartimentos estancos, sino dimensiones que se refuerzan mutuamente; la inacción en materia climática amenaza con revertir los logros de desarrollo de las últimas décadas, mientras que las inversiones en energía limpia y circularidad económica actúan como catalizadores de resiliencia y competitividad.

En el contexto peruano, la implementación de estos objetivos coincide

con desafíos estructurales y oportunidades de mercado valoradas en billones de dólares. El cumplimiento de la Agenda 2030 en el país se entrelaza con el cierre del bono demográfico proyectado para dicho año, lo que impone una urgencia adicional para transformar el capital humano y la infraestructura productiva hacia modelos de baja emisión de carbono antes de que la presión de una población dependiente limite la capacidad de maniobra fiscal y económica.

El Imperativo Energético: ODS 7 y la Transformación de la Matriz en el Perú

El Objetivo de Desarrollo Sostenible 7 busca garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos, reconociendo que la energía es el hilo conductor de casi todos los grandes desafíos y oportunidades a los que se enfrenta el mundo hoy en día, desde el empleo y la seguridad hasta el cambio climático y la producción de alimentos (Luty et al., 2023). A nivel global, el acceso a la electricidad ha mejorado, pasando del 87% en 2015 al 91% en 2021; sin embargo, persisten brechas críticas, especialmente en el África subsahariana, donde el crecimiento demográfico ha superado los avances en el acceso a tecnologías de cocina limpia, dejando a 900 millones de personas en una situación de vulnerabilidad energética.

Metas e Indicadores de Desempeño Energético Global

La evaluación del progreso hacia el ODS 7 se basa en indicadores técnicos que miden la eficiencia, la participación de renovables y el acceso universal. El panorama mundial muestra una tendencia hacia la electrificación,

pero con una preocupación creciente por la disminución de los flujos financieros hacia los países en desarrollo, que cayeron a 10.800 millones de dólares en 2021, una cifra significativamente inferior al promedio de la década anterior (véase la Tabla 9).

Tabla 9: Detalle de las metas de los ODS 7

Meta Técnica	Descripción del Objetivo	Indicadores de Seguimiento (Perú y Global)
7.1	Acceso universal a servicios energéticos	Proporción de la población con acceso a electricidad y combustibles limpios para cocinar.
7.2	Aumento de energía renovable	Cuota de energía renovable en el consumo final total de energía.
7.3	Eficiencia energética	Tasa de mejora de la intensidad energética primaria (MJ por unidad de PIB).
7.a	Cooperación internacional	Corrientes financieras públicas hacia

		investigación y tecnología de energía limpia.
7.b	Infraestructura tecnológica	Capacidad de generación renovable instalada por habitante en países en desarrollo.

El informe especial de los ODS 2023 resalta que, para cumplir con la meta de eficiencia energética, la tasa de mejora anual de la intensidad energética primaria debe promediar el 3,4% hasta 2030, compensando el avance lento de años anteriores que se situó en un 1,4%. En este escenario, el Perú presenta una posición estratégica gracias a una matriz energética ya diversificada, aunque todavía dependiente del gas natural y con un potencial de energía renovable no convencional que apenas comienza a explotarse a gran escala (Naciones Unidas, 2023).

El Mercado Eléctrico Peruano y la Participación de Renovables

El Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) ha experimentado una evolución significativa desde la promulgación del Decreto Legislativo N° 1002 en 2008, que estableció la promoción de la inversión en generación de electricidad con el uso de energías renovables. En 2024, la producción energética total en el Perú alcanzó los 60.029 GWh, lo que representó un incremento del 3% respecto al año anterior. A pesar de este crecimiento, la

participación de las Energías Renovables No Convencionales (ERNC), específicamente eólica y solar, se mantiene en niveles que el gobierno busca elevar drásticamente (véase la Tabla 10).

Tabla 10: Fuentes de generación de energía eléctrica

Fuente de Generación	Participación en la Matriz (2024)	Estado de Operación y Potencial
Energía Térmica	53%	Basada principalmente en gas natural de Camisea.
Energía Hidráulica	37%	Principal fuente renovable convencional del país.
Energía Eólica	7%	9 centrales conectadas; solo se usa el 5% del potencial estimado.
Energía Solar	3%	11 centrales conectadas; solo se usa el 1% del potencial estimado.

El sistema marginalista del mercado peruano otorga prioridad de despacho a las centrales eólicas y solares por su bajo coste variable, lo que las convierte en una herramienta fundamental para reducir el precio spot de la electricidad y mejorar la competitividad industrial. No obstante, la variabilidad de estas fuentes exige un fortalecimiento de los servicios complementarios y

de la infraestructura de transmisión, con proyectos que comprometerán más de 300 millones de dólares hacia el año 2030 para asegurar la estabilidad de la red, especialmente en el sur del país (Naciones Unidas, 2023).

Proyectos Emblemáticos y Electrificación Rural

La expansión de la capacidad instalada en ERNC está liderada por proyectos de gran envergadura. La central solar Ruta del Sol, en Moquegua, con una capacidad proyectada de 323 MW, representa un hito en la generación fotovoltaica a escala de servicios públicos. Asimismo, inversiones como la planta solar Babilonia (US\$ 176 millones) y los acuerdos para desarrollar una central solar sobre techo industrial de alta potencia indican que el sector privado está asumiendo un rol protagónico en la transición.

En el ámbito social, la accesibilidad eléctrica es un indicador crítico del ODS 7. Actualmente, el 94% de los hogares peruanos cuentan con energía eléctrica, pero el cierre de brechas en zonas rurales sigue siendo un desafío operativo y financiero. Durante el año 2024, el Ministerio de Energía y Minas (MINEM) concluyó 12 proyectos de electrificación rural que beneficiaron a localidades alejadas en regiones como Loreto, Puno y Ucayali, elevando el coeficiente de electrificación rural al 86.5%. La meta es alcanzar la cobertura universal mediante una combinación de extensión de redes y sistemas fotovoltaicos aislados, los cuales son esenciales para comunidades donde la geografía impide la interconexión convencional (Naciones Unidas, 2023).

Eficiencia Energética y Política Nacional al 2050

La planificación energética a largo plazo en el Perú se articula a través de la actualización de la Política Energética Nacional al 2050, creada mediante

la Resolución Ministerial N° 107-2024-MINEM/DM. Este marco busca orientar el sistema hacia un modelo de bajas emisiones de carbono y matriz diversificada, incorporando tecnologías disruptivas como el hidrógeno verde y la electromovilidad. El Plan Referencial de Uso Eficiente de la Energía (PRUEE 2050) propone integrar programas de gestión de la demanda que reduzcan la intensidad energética de los procesos industriales y comerciales, contribuyendo directamente a la meta 7.3 de la Agenda 2030.

Un factor determinante en esta transición es la reducción de los costos de capital para las renovables. Se estima que, para el año 2050, los costos de la tecnología solar fotovoltaica disminuirán en un 60% y los de la eólica en un 14.3% con respecto al año base, lo que facilitará escenarios de carbono neutralidad donde la participación de las ERNC supere el 50% de la matriz energética total. Este cambio no solo tiene beneficios ambientales, sino que reduce la dependencia de la importación de derivados de petróleo, mitigando la exposición de la economía nacional a la volatilidad de los precios internacionales de los combustibles fósiles.

Producción y Consumo Responsables: El Giro hacia la Economía Circular (ODS 12)

El Objetivo 12 busca garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles, lo que implica desvincular el crecimiento económico de la degradación ambiental y aumentar la eficiencia de los recursos en todo el ciclo de vida de los productos. Este objetivo es fundamental para abordar la triple crisis planetaria: el cambio climático, la pérdida de biodiversidad y la contaminación (Naciones Unidas, 2015). A nivel global, la huella material

continúa creciendo de manera insostenible, con marcadas disparidades entre países desarrollados y en desarrollo.

Gestión de Residuos Sólidos y Problemática en Lima

Uno de los mayores retos del ODS 12 en el Perú es la gestión integral de los residuos sólidos. Lima genera diariamente más de 8.630 toneladas de residuos, lo que representa un volumen inmanejable para la infraestructura actual de rellenos sanitarios y plantas de valorización. A pesar de los esfuerzos normativos, solo se recupera formalmente cerca del 1% de los residuos generados a nivel nacional, una cifra que disminuyó drásticamente durante la pandemia debido a la interrupción de las actividades de reciclaje formal (véase la Tabla 11).

Tabla 11: Análisis del problema de gestión de residuos en Lima

Indicador de Gestión de Residuos	Estado / Dato Estadístico	Contexto de Impacto
Generación diaria de residuos en Lima	> 8.630 toneladas	Equivalente a llenar el Estadio Nacional de basura cada día.
Tasa de recuperación nacional	~ 1%	Brecha crítica entre generación y valorización.
Recicladores formales	5.500 de 180.000	Alta precariedad y vulnerabilidad del sector.

Inversión del MINAM en proyectos	18 proyectos prioritarios	Incluye plantas de valorización y disposición final en regiones.
----------------------------------	---------------------------	--

El Ministerio del Ambiente (MINAM) ha priorizado la inversión en infraestructura para la disposición final y valorización de residuos orgánicos e inorgánicos en provincias como Chiclayo, Lambayeque, Piura y Talara, buscando mitigar los riesgos a la salud pública y erradicar los botaderos a cielo abierto que han degradado áreas extensas por décadas. Sin embargo, la solución definitiva requiere un cambio en el comportamiento ciudadano y una mayor responsabilidad extendida del productor para reducir la generación de desechos desde la fuente.

Modelos Municipales de Éxito: Magdalena Sostenible

El distrito de Magdalena del Mar en Lima se ha convertido en un referente de gestión ambiental urbana mediante el programa Magdalena Sostenible, que integra la segregación en la fuente con programas de educación ciudadana. Esta gestión ha permitido que el distrito compita a nivel internacional en el Desafío de Ciudades de WWF, destacando por sus prácticas de reciclaje y valorización de residuos.

La estrategia municipal incluye iniciativas específicas que abordan diversos tipos de residuos y fomentan la economía circular local:

- **Valorización de Residuos (Vamos a Reciclar):** Programa de recolección selectiva de residuos inorgánicos (botellas, papel, latas) operado por la

asociación de recicladores formalizados Trinidad, que recolecta materiales puerta a puerta en horarios establecidos.

- **Eco trueque:** Espacio de intercambio donde los ciudadanos entregan materiales reciclables y RAEE a cambio de compost producido en la planta del distrito, plantas ornamentales o semillas, cerrando el ciclo de los residuos orgánicos municipales.
- **Segregafest:** Eventos de sensibilización masiva para el registro de nuevos hogares en el programa de segregación y el fomento de una cultura de respeto al horario de disposición de basura para evitar focos infecciosos en la vía pública.
- **Gestión de RAEE:** Recolección y disposición técnica de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, asegurando que materiales valiosos sean recuperados y componentes tóxicos sean aislados por operadores especializados como Comimtel o Recolecc.

Barreras para la Adopción de la Economía Circular en PYMES

A pesar de los casos de éxito, la transición hacia un modelo circular enfrenta barreras significativas en el tejido empresarial, especialmente en las pequeñas y medianas empresas (PYMES). Un estudio cuantitativo realizado en Arequipa reveló que la mayoría de las PYMES enfrentan obstáculos internos moderados para integrar la economía circular en su gestión estratégica (véase la Tabla 12).

Tabla 12: Barreras de la economía circular

Categoría de Barrera	Descripción del Obstáculo	Impacto en la Sostenibilidad
Barreras Internas	Resistencia al cambio organizacional y falta de conocimientos técnicos sobre procesos circulares.	Limita la innovación en el diseño de productos de larga duración.
Barreras Financieras	Recursos limitados, aversión al riesgo y falta de acceso a financiamiento preferencial para tecnologías verdes.	Dificulta la adquisición de maquinaria eficiente o sistemas de reciclaje propios.
Barreras de Mercado	Inmadurez del mercado para productos reciclados y competencia desleal con productos de economía lineal.	Reduce los incentivos económicos para que las empresas inviertan en sostenibilidad.
Barreras Externas	Falta de transparencia en la cadena de suministro y bajo compromiso ambiental de los proveedores.	Impide la trazabilidad y la implementación de ciclos de vida cerrados.

Para superar estas barreras, el sector financiero peruano, con el apoyo de organismos internacionales como BID Invest, está desarrollando programas de capacitación para cajas municipales y entidades financieras, buscando crear lenguajes comunes y productos crediticios que reconozcan el valor de los activos circulares y reduzcan el sesgo de riesgo asociado a estas inversiones.

El Rol de la Empresa Social y la Certificación de Sostenibilidad

En el Perú han surgido empresas sociales que demuestran la rentabilidad de los modelos sostenibles. Organizaciones como Circon se especializan en el reacondicionamiento de equipos electrónicos, extendiendo su vida útil y reduciendo la necesidad de materias primas vírgenes. Otras, como Estrafalarío, utilizan técnicas de upcycling textil para transformar residuos en prendas de alto valor, generando empleo para mujeres en comunidades vulnerables.

El Distintivo de Empresa Socialmente Responsable (ESR), promovido por Perú Sostenible, actúa como un catalizador para que empresas de diversos sectores incorporen los ODS en su gobernanza. En su edición más reciente, cerca de 60 empresas fueron reconocidas por sus avances en la reducción del consumo de energía y agua, la gestión de residuos peligrosos y la promoción de alianzas público-privadas para la sostenibilidad. Este movimiento se ve reforzado por el uso de estándares internacionales de reporte (como el Global Reporting Initiative - GRI), que permite a las empresas transparentar su

impacto y mejorar su reputación ante inversionistas que valoran los criterios ambientales, sociales y de gobernanza (ESG).

Acción por el Clima: Mitigación, Adaptación y Resiliencia (ODS 13)

El Objetivo de Desarrollo Sostenible 13 es una llamada de auxilio ante la crisis climática que amenaza la integridad del planeta. Los datos del informe de 2023 son alarmantes: las emisiones mundiales de CO₂ aumentaron un 1% en 2022, alcanzando niveles récord a pesar de las advertencias científicas sobre la necesidad de reducirlas a la mitad para 2030 si se quiere limitar el calentamiento global a 1,5 °C (Naciones Unidas, 2015). El incremento de la temperatura media mundial ya se sitúa en aproximadamente 1,1 °C por encima de los niveles preindustriales, lo que se traduce en fenómenos meteorológicos extremos, elevación del nivel del mar y una amenaza existencial para ecosistemas críticos y poblaciones vulnerables.

Compromisos Nacionales: Las NDC del Perú al 2030

El Perú, siendo uno de los países más vulnerables ante el cambio climático debido a su geografía y dependencia de los recursos naturales, ha formalizado sus Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC) como el instrumento central de su política climática. La actualización de estas metas refleja un incremento en la ambición respecto a los compromisos de 2015, pasando de metas relativas basadas en un escenario Business as Usual (BaU) a metas absolutas de emisiones netas (véase la Tabla 13).

Tabla 13: Compromisos NDC en la República de Perú

Compromiso de Mitigación	Meta de Emisiones al 2030 (MtCO₂eq)	Descripción del Alcance
Meta No Condicionada	$\leq$	Reducción asumida con recursos internos, públicos y privados del Estado peruano.
Meta Condicionada	$\leq$	Nivel de ambición adicional supeditado a financiamiento externo internacional.
Escenario de Referencia	298,3	Nivel proyectado de emisiones sin medidas de mitigación.

El cumplimiento de estas metas depende críticamente del sector USCUS (Uso de Suelo, Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura), ya que la deforestación de la Amazonía es la principal fuente de gases de efecto invernadero en el país. Iniciativas como el Programa Nacional de Conservación de Bosques y la Declaración de Intención Conjunta firmada con Noruega, Alemania, Reino Unido y USAID son fundamentales para canalizar incentivos económicos hacia la protección de más de 3 millones de hectáreas de bosques (Ministerio del

Ambiente, 2026).

Estrategias de Adaptación y Gestión del Riesgo de Desastres

La adaptación no es una opción, sino una necesidad de supervivencia para el Perú. Se estima que la falta de adaptación adecuada podría resultar en pérdidas económicas anuales del 4.4% del PBI hacia el año 2025. Por ello, el país ha priorizado cinco áreas temáticas para implementar medidas de adaptación: Agricultura, Bosques, Pesca y Acuicultura, Salud y Agua.

El modelo de gestión del riesgo adoptado por el Estado busca reducir la vulnerabilidad de las poblaciones y los sistemas productivos ante peligros como inundaciones, sequías y heladas. Estadísticamente, se ha observado una tendencia positiva: el número de víctimas y afectados por desastres naturales se redujo de 1,4 millones en 2015 a aproximadamente 339,000 en 2022, a pesar de eventos anómalos de precipitaciones en 2021. Sin embargo, la brecha de financiamiento para la resiliencia sigue siendo amplia; el flujo financiero climático global, aunque alcanzó los 803.000 millones de dólares anuales en 2019-2020, sigue siendo insuficiente frente a las necesidades reales de transformación sistémica.

Marco Institucional y Participación Ciudadana en Acción Climática

La gobernanza climática en el Perú se apoya en la Ley Marco sobre Cambio Climático y su Reglamento, que establecen las competencias de los sectores y niveles de gobierno. Un componente innovador es la creación de la

Plataforma de los Pueblos Indígenas para enfrentar el Cambio Climático, un espacio de diálogo y consulta previa que reconoce el rol fundamental de las comunidades originarias en la conservación de los sumideros de carbono y la gestión sostenible del territorio.

El Ministerio del Ambiente actúa como ente rector, monitoreando las NDC y facilitando espacios como Dialoguemos sobre cambio climático, donde actores de la sociedad civil, la academia y el sector privado aportan a la formulación de políticas climáticas basadas en evidencia. A nivel internacional, el Perú participa activamente en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), abogando por el cumplimiento de los compromisos de financiamiento de 100.000 millones de dólares anuales prometidos por los países desarrollados para apoyar la mitigación y adaptación en el Sur Global.

Sinergias y Medios de Implementación: El Camino hacia el Desarrollo Sostenible

La interdependencia entre los ODS 7, 12 y 13 es absoluta. El desarrollo sostenible no se logrará si no se adoptan medidas urgentes contra el cambio climático, y estas medidas dependen, a su vez, de la transformación de los sistemas energéticos y productivos. La Agenda 2030 propone que esta transición sea inclusiva, equitativa y generadora de empleo verde, estimando que la economía de la sostenibilidad podría crear hasta 380 millones de nuevos puestos de trabajo para finales de la década (Gracia, 2023). La cultura ambiental es el cimiento de la sostenibilidad. El programa Perú Limpio, liderado por el MINAM, promueve cuatro prácticas fundamentales que cada

ciudadano puede adoptar para contribuir a los ODS:

1. **Consumo Responsable:** Preferir productos con menor impacto ambiental y menor generación de residuos, reduciendo la huella de carbono individual.
2. **Limpieza de Espacios Públicos:** Fomentar el respeto por el ornato y evitar la contaminación de ecosistemas urbanos y marinos mediante mega jornadas de limpieza de playas y concienciación sobre el manejo de desechos.
3. **Reciclaje y Segregación:** Separar los residuos en casa y participar en los programas municipales de recolección selectiva, facilitando la reintegración de materiales en la cadena productiva.
4. **Pago de Arbitrios:** Reconocer la importancia de la sostenibilidad financiera de los servicios públicos de limpieza para garantizar una gestión eficiente y técnicamente adecuada de los residuos.

El Programa Municipal EDUCCA actúa como el brazo ejecutor de esta cultura ambiental a nivel local, involucrando a escuelas y universidades en la formación de promotores ambientales. Estos promotores son ciudadanos capacitados que actúan como agentes de cambio en sus comunidades, difundiendo conocimientos sobre ahorro de energía, uso eficiente del agua y técnicas de compostaje doméstico.

Financiamiento y Tecnología: Retos y Oportunidades

La movilización de recursos financieros es el principal cuello de botella para la implementación de la Agenda 2030. Se estima que el mundo necesita invertir entre 35.000 y 40.000 millones de dólares anuales solo para alcanzar

el acceso universal a la electricidad para 2030. En el Perú, la descarbonización requiere una inversión adicional de US\$ 93.000 millones al 2050, lo que demanda una participación masiva del sector financiero privado y la creación de mecanismos de coinversión pública.

La innovación tecnológica es el otro pilar fundamental. Herramientas pioneras en Latinoamérica para el registro de acciones de mitigación permiten una mayor transparencia en el reporte de reducción de emisiones, lo que atrae inversiones basadas en resultados. Asimismo, el desarrollo de infraestructura de carga para la movilidad eléctrica y la investigación en hidrógeno verde posicionan al Perú como un polo potencial de energía limpia en la región, aprovechando su ubicación geográfica y sus recursos naturales renovables.

El análisis integral de la acción climática, la energía y la producción sostenible revela que el Perú ha avanzado en la construcción de un marco normativo e institucional robusto para enfrentar los desafíos del siglo XXI. Sin embargo, la transición de la política pública a la ejecución territorial sigue siendo lenta y desigual. Las disparidades regionales en la demanda eléctrica y el crecimiento de la pobreza monetaria post pandemia exigen que las políticas ambientales se integren de manera más agresiva con las políticas de inclusión social y crecimiento económico (Ministerio del Ambiente, 2016).

La década de 2020 a 2030 es decisiva. Para cumplir con la visión del desarrollo sostenible, el país debe acelerar la implementación de sus NDC, aumentar la participación de las renovables no convencionales por encima del 20% y transformar la gestión de residuos hacia un modelo de economía circular real donde la basura deje de ser un problema sanitario para convertirse en un recurso económico (Gracia, 2023). La inversión en resiliencia

y el fortalecimiento de la cultura ambiental ciudadana no son solo compromisos ante las Naciones Unidas, sino las garantías necesarias para un futuro donde la prosperidad de las personas y la salud del planeta sean, finalmente, una sola y la misma meta.

Capítulo 4

La acción climática en el Perú: Hoja de ruta NDC 3.0, movilidad humana, transición justa y conservación de la biodiversidad hacia 2035

El panorama climático global ha entrado en una fase de urgencia sin precedentes, marcada por la necesidad de una implementación acelerada y una ambición renovada que permita cerrar la brecha de emisiones para limitar el calentamiento global a $1.5^{\circ}C$. En este contexto, la entrega de las terceras Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC 3.0) en 2025 representa el último gran esfuerzo coordinado bajo el Acuerdo de París para reorientar la trayectoria de emisiones hacia la neutralidad de carbono para mediados de siglo.

El Perú, como nación altamente vulnerable a los efectos del cambio climático y poseedora de una biodiversidad crítica para la estabilidad del bioma amazónico, ha respondido a este llamado mediante una hoja de ruta integral que no solo eleva sus metas de mitigación, sino que incorpora de manera pionera la gestión de la movilidad humana, la promoción de empleos verdes y la protección expandida de sus ecosistemas.

La arquitectura de estos nuevos compromisos se sustenta en una visión

de todo el gobierno y toda la sociedad, reconociendo que la crisis climática es una crisis humana con profundas ramificaciones en el mercado laboral y la cohesión social. La NDC 3.0 del Perú, presentada oficialmente en noviembre de 2025, se aleja de los modelos proyectivos tradicionales para adoptar metas de emisiones absolutas, proporcionando una métrica clara y transparente para la rendición de cuentas ante la comunidad internacional. Este documento analiza la evolución de estos compromisos, los mecanismos legales y financieros que los sostienen, y las implicaciones socioeconómicas de una transición que busca ser, ante todo, justa e inclusiva.

El imperativo global y la respuesta peruana: El ciclo de las NDC 3.0

Los resultados del primer Balance Global (Global Stocktake o GST) han sido determinantes para dar forma a la nueva generación de compromisos climáticos. El GST reconoció que, aunque el Acuerdo de París ha impulsado un progreso casi universal, el mundo aún no está en la trayectoria adecuada para alcanzar los niveles necesarios de resiliencia ni para movilizar los flujos financieros requeridos. Por ello, las NDC 3.0 deben ser progresivas y más ambiciosas que sus predecesoras, integrando no solo la mitigación, sino también planes nacionales de adaptación (NAP) robustos y estrategias de largo plazo (LTS).

El Perú ha alineado su política climática con estos hallazgos, aprobando en noviembre de 2024 la Estrategia Nacional ante el Cambio Climático al 2050 (ENCC 2050), que sirve como marco rector para las NDC y establece la meta de alcanzar emisiones netas cero para 2050. Esta estrategia se fundamenta

en un marco legal sólido, encabezado por la Ley Marco sobre Cambio Climático (Ley 30754) y su reglamento, que obligan a las autoridades sectoriales y subnacionales a integrar la variable climática en sus instrumentos de planificación (véase la Tabla 14).

Tabla 14: Evolución y estado actual de los compromisos climáticos del Perú

Instrumento	Fecha de Presentación	Meta Principal	Enfoque Metodológico
Primera NDC	2015	Reducción del 30% respecto al BAU al 2030	Escenario Inercial (BAU)
Actualización NDC	2020	Límite de 208.8 $MtCO_2$ (Incondicional)	Metas Absolutas (AR2/AR4)
NDC 3.0	Noviembre 2025	Límite de 179.0 $MtCO_2$ al 2035	Metas Absolutas (AR5)
Estrategia de Largo Plazo (LTS)	Junio 2025	Neutralidad de Carbono al 2050	Descarbonización de la economía

BTR1 / 4CN	2024 / 2025	Reporte de transparencia y emisiones	Marco de Transparencia Reforzado
------------	-------------	--	--

La transición hacia metas absolutas basadas en los valores de Potencial de Calentamiento Global (GWP) del Quinto Informe de Evaluación (AR5) del IPCC representa un avance técnico significativo, permitiendo una comparación más precisa con los inventarios de otros países y con las trayectorias científicas de $1.5^{\circ}C$. Este rigor metodológico es esencial para atraer inversión internacional y para participar en los mecanismos de mercado bajo el Artículo 6 del Acuerdo de París, donde el Perú ya muestra avances en el registro de medidas de mitigación a través de plataformas como el RENAMI.

Movilidad humana y desplazamiento interno forzado por el clima

Uno de los hitos más relevantes de la NDC 3.0 peruana es la inclusión formal de la movilidad humana como una prioridad de adaptación. El fenómeno de la Migración forzada por efectos del cambio climático ha sido reconocido como una consecuencia directa de la degradación ambiental y los desastres hidrometeorológicos, lo que exige una respuesta estatal que vaya más allá de la emergencia inmediata para centrarse en soluciones duraderas (Gracia, 2023).

El análisis histórico de la movilidad en el Perú revela que los eventos

extremos tienen un impacto devastador. Por ejemplo, el episodio de El Niño Costero en 2017 generó más de 300,000 desplazamientos temporales y permanentes en la costa norte. Sin embargo, son los procesos de evolución lenta, como el retroceso de los glaciares en los Andes —que amenaza con desplazar al 28% de la población de las tierras altas debido a la escasez hídrica— y la erosión fluvial en la Amazonía, los que presentan los mayores retos para la planificación territorial de largo plazo.

La respuesta institucional: El Plan de Acción

Para abordar esta problemática, el Perú ha desarrollado un Documento Técnico del Plan de Acción para prevenir y atender la migración forzosa por efectos del cambio climático. Este plan se articula con la Ley 28223 (Ley sobre Desplazamientos Internos) y busca fortalecer la resiliencia de las comunidades para que la migración sea una opción y no una necesidad desesperada. Las acciones estratégicas se centran en tres ejes fundamentales: la reducción de daños en la población vulnerable, la protección de los ecosistemas que sostienen los medios de vida y la garantía de resiliencia en la infraestructura y los servicios básicos.

La gobernanza de esta movilidad requiere un enfoque de derechos humanos que garantice la protección de los desplazados tanto durante el movimiento como en el lugar de destino. Las recomendaciones internacionales sugieren la creación de protocolos de actuación claros y la portabilidad de las prestaciones sociales, asegurando que las personas no pierdan sus derechos al cruzar fronteras jurisdiccionales internas. Asimismo, se enfatiza la importancia de la inmovilidad voluntaria, proporcionando recursos de adaptación a aquellas comunidades que desean permanecer en su territorio a

pesar de los riesgos crecientes (véase la Tabla 5).

Tabla 15: Peligros climáticos y dinámicas de desplazamiento por regiones

Ecosistema	Peligro Climático Prevalente	Impacto en la Movilidad Humana	Nivel de Riesgo Proyectado
Costa	Inundaciones, sequías, aumento nivel del mar	Desplazamientos masivos por desastres súbitos	Muy Alto
Sierra	Retroceso glaciar, heladas, sequía	Migración rural-urbana por pérdida de agricultura	Alto
Selva	Inundaciones, incendios, degradación de suelos	Desplazamiento de comunidades nativas y pérdida de hábitat	Medio-Alto

La integración de la movilidad en la NDC 3.0 asegura que estas poblaciones sean visibilizadas en la planificación financiera y en las solicitudes de cooperación técnica internacional, reconociendo que la adaptación es un proceso que a menudo implica cambios espaciales en la distribución de la

población.

Empleos verdes: Motor de la transición justa y la reactivación económica

La promoción de empleos verdes ha emergido como un componente central de la estrategia de adaptación y mitigación del Perú. Según la Organización Internacional del Trabajo (OIT), los empleos verdes son trabajos decentes que contribuyen a preservar o restaurar el medio ambiente en cualquier sector de la economía. Para el Perú, la apuesta por el empleo verde no es solo un compromiso ambiental, sino una vía estratégica para la formalización laboral y la reducción de la pobreza (Ministerio del ambiente, 2018).

Las proyecciones del Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo (MTPE) para el año 2026 sugieren que el país generaría más de 425,000 nuevas oportunidades laborales, impulsadas por el crecimiento de la agroexportación, la gestión de residuos y los servicios ecosistémicos. Este dinamismo se refleja en las estadísticas del INEI de 2025, que muestran un crecimiento del 2.5% en la población ocupada en agricultura, pesca y minería, sectores que están experimentando una transición hacia prácticas más sostenibles.

Tabla 16: Sectores prioritarios y estrategias para la promoción de empleos verdes

Sector Económico	Acción Estratégica de Transición	Impacto Ambiental Esperado	Organismo Líder
Agroindustria	Certificación de buenas prácticas y sistemas agroforestales	Reducción de GEI y resiliencia hídrica	MIDAGRI / MTPE
Manufactura	Adopción de economía circular y tecnologías limpias	Eficiencia energética y reducción de residuos	PRODUCE / MINAM
Energía	Transición a fuentes renovables y transporte eléctrico	Reducción drástica de emisiones de CO_2	MINEM / MTC
Turismo	Desarrollo de bionegocios y	Valorización de la biodiversidad	MINCETUR

	ecoturismo sostenible		
Residuos	Formalización de recicladores y valorización de residuos	Reducción de metano y contaminación	Gobiernos Locales

Un pilar fundamental de esta transición es el Programa Nacional de Empleo Jóvenes Productivos. En 2026, el programa ha intensificado sus Registratones Laborales y sus servicios de capacitación gratuita en modalidades duales, que combinan la teoría con la práctica real en empresas aliadas.²³ El aula virtual del programa ha sido actualizada para incluir cursos de vanguardia en ciencia de datos, gestión de proyectos Agile, inteligencia artificial aplicada al marketing y programación con Python. Esta oferta formativa busca cerrar la brecha de habilidades que impide a los jóvenes de poblaciones vulnerables acceder a los nuevos empleos de la economía digital y verde.

La transición justa implica que ningún trabajador sea dejado atrás. En este sentido, el MTPE impulsa la certificación de competencias laborales para oficios tradicionales como la costura, la cocina o el tejido con fibras naturales, permitiendo que trabajadores con experiencia empírica validen sus talentos ante el mercado formal. Además, el compromiso con el Convenio 190 de la OIT busca asegurar que estos nuevos entornos laborales sean seguros y libres de

violencia y acoso, integrando la equidad de género como un valor transversal de la productividad nacional.

Protección de la biodiversidad y el Marco Global Kunming-Montreal

El Perú posee una responsabilidad global única al ser uno de los países más megadiversos del planeta y albergar gran parte de la cuenca amazónica. La NDC 3.0 integra explícitamente los objetivos de biodiversidad como una medida de adaptación basada en ecosistemas, reconociendo que la salud de los bosques y océanos es la mejor defensa contra la crisis climática.

La Meta 3 del Marco Mundial de Biodiversidad (MMB) Kunming-Montreal, conocida como el objetivo 30x30, establece que para 2030, al menos el 30% de las zonas terrestres y marinas deben ser conservadas y gestionadas eficazmente. El Perú ha trazado una hoja de ruta para cumplir con este compromiso, fortaleciendo el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SINANPE) y promoviendo el reconocimiento de las OMEC (Otras Medidas Efectivas de Conservación Basadas en Áreas) en territorios de comunidades indígenas y tierras privadas.

Metas de restauración y lucha contra la deforestación

La Estrategia Nacional de Diversidad Biológica al 2050 establece metas ambiciosas para el corto y mediano plazo:

- Restauración del 30% de los ecosistemas degradados para 2030, mejorando la provisión de servicios hídricos y la captura de carbono.

- Reducción del 50% en la tasa de deforestación regional a través de incentivos para el manejo forestal sostenible y el control de actividades ilegales.
- Protección de humedales urbanos (entre 10,000 y 15,000 hectáreas para 2026) para mejorar la resiliencia de las ciudades costeras y andinas.

La Amazonía se sitúa en el centro de esta agenda. La consolidación de mecanismos financieros como el Tropical Forest Forever Fund (TFFF) en la COP30 proporciona un incentivo directo a los países que logran mantener sus bosques en pie. Este fondo es especialmente relevante porque destina una parte significativa de sus recursos a los pueblos indígenas y comunidades locales, reconociéndolos como los actores más efectivos en la prevención de la deforestación impulsada por la agroindustria y las actividades extractivas.

Tabla 17: Metas del Marco Global de Biodiversidad en la planificación nacional

Objetivo MMB	Meta Nacional 2030	Acción Clave	Estado de Avance
Meta 2: Restauración	30% de áreas degradadas	Reforestación y corredores biológicos	En fase de implementación
Meta 3: Conservación	30% de tierras y mares	Creación de nuevas ANP y OMEC	Roadmap 2025 aprobado

Meta 10: Sostenibilidad	Manejo 100% sostenible	Certificaciones forestales y pesqueras	En proceso normativo
Meta 15: Empresas	Reporte de impactos	Divulgación de riesgos en biodiversidad	Iniciativas voluntarias

La interconexión entre biodiversidad y clima es tal que la pérdida casi total de los glaciares andinos —proyectada para el final del siglo en los peores escenarios de calentamiento— alteraría irreversiblemente la biodiversidad de las zonas bajas, afectando el ciclo hidrológico de la Amazonía. Por ello, las soluciones basadas en la naturaleza, como la restauración de corredores boscosos en los Andes, no solo protegen especies endémicas, sino que funcionan como barreras verdes que estabilizan las laderas, reducen el riesgo de deslizamientos y protegen las fuentes de agua de millones de peruanos.

Arquitectura financiera y cooperación internacional para la implementación

La implementación de la ambiciosa hoja de ruta de la NDC 3.0 requiere una movilización masiva de recursos financieros. Se estima que, a nivel global, las necesidades de financiación climática para los países en desarrollo superan los 2 billones de dólares anuales. Para el Perú, el acceso a fondos públicos y privados, así como a la cooperación técnica internacional, es vital para cerrar la brecha entre la planificación y la ejecución en el terreno (Grupo Banco

Mundial, 2025).

El país ha avanzado en la creación de una Estrategia de Financiamiento Climático, desarrollada conjuntamente por el Ministerio del Ambiente y el Ministerio de Economía y Finanzas. Esta estrategia busca canalizar recursos a través de diversos mecanismos:

Mecanismos financieros innovadores

1. **Pagos por resultados y Mercados de Carbono:** El Perú busca capitalizar su éxito en la reducción de emisiones por deforestación a través de mecanismos como REDD+ y el programa KfW REM, que ya ha canalizado millones de dólares para la conservación amazónica. El registro RENAMI será fundamental para asegurar la integridad ambiental de estos créditos (Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático, 2016).
2. **Bonos Temáticos:** La emisión de bonos verdes, azules y de carbono por parte del gobierno y empresas privadas permite captar inversión internacional para proyectos de infraestructura resiliente y energías renovables.
3. **Financiamiento Concesional y Mixto:** Instituciones como el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el Banco Mundial y el Fondo Verde para el Clima (GCF) proporcionan préstamos en condiciones preferenciales y capital de riesgo para proyectos de adaptación en sectores vulnerables.
4. **Fondos Directos a Comunidades:** El TFFF representa un cambio de paradigma al permitir que los fondos lleguen directamente a los gobiernos locales y territorios colectivos indígenas, reduciendo los costos

de intermediación y fortaleciendo la gobernanza territorial.

Tabla 18: Fuentes y convenios de cooperación climática para el Perú

Fuente de Cooperación	Tipo de Apoyo	Monto / Iniciativa Destacada	Enfoque Principal
Fondo Verde del Clima (GCF)	Donaciones / Préstamos	USD 18.5 Millones (Ecuador/Región)	Adaptación y resiliencia
KfW (Alemania) / Noruega	Pago por Resultados	REM / Coalición LEAF	Reducción de la deforestación
Cooperación Suiza (SECO)	Técnica	Programa SeCompetitivo	Empleabilidad y competitividad
Reino Unido	Técnica / Política	Plan de Trabajo Biodiversidad	Conservación y cambio climático
Banco Mundial	Financiero	Bonos de Reforestación Amazónica	Capital de riesgo para naturaleza

La cooperación internacional no solo aporta capital, sino que facilita la transferencia tecnológica y el fortalecimiento de capacidades. Iniciativas como PAGE (Alianza para la Acción hacia una Economía Verde) han sido instrumentales para desarrollar el marco conceptual de los empleos verdes en

el Perú y para integrar los objetivos de sostenibilidad en la planificación de múltiples ministerios.

Desafíos de gobernanza y coherencia normativa

A pesar del robusto marco estratégico, la implementación de las NDC en el Perú enfrenta desafíos estructurales y políticos. La gobernanza climática depende de la articulación entre los tres niveles de gobierno, pero la capacidad de ejecución a nivel municipal sigue siendo débil. En regiones como Pasco, la ausencia de planes de acción ambiental local en la mayoría de los distritos limita la efectividad de la política nacional y dificulta la respuesta ante emergencias climáticas.

Además, el entorno político actual presenta riesgos para la participación de la sociedad civil. La reciente aprobación de leyes que modifican la supervisión de las ONG y restringen su capacidad para brindar defensa legal o participar en actividades de incidencia ha sido señalada por organismos de derechos humanos como una amenaza a la libertad de asociación. Dado que las organizaciones de la sociedad civil son actores clave en la implementación de proyectos de conservación y en la protección de defensores ambientales, estas restricciones podrían obstaculizar el cumplimiento de las metas de transparencia y participación inclusiva de la NDC 3.0.

La transparencia es otro pilar crítico. El Perú ha cumplido con la presentación de su Primer Informe Bienal de Transparencia (BTR1) en enero

de 2025, cumpliendo con los requisitos del Marco de Transparencia Reforzado del Acuerdo de París. Sin embargo, mantener un sistema de monitoreo, reporte y verificación (MRV) interoperable y basado en datos científicos requiere una inversión constante en capacidades técnicas y en estaciones de monitoreo hidrometeorológico, especialmente en las zonas de alta montaña y en la selva baja.

El Perú se encuentra en un momento definitorio de su política climática. La hoja de ruta hacia 2035 trazada en la NDC 3.0 es exhaustiva y demuestra un entendimiento profundo de la interconexión entre clima, economía y bienestar humano. Sin embargo, pasar de la planificación a la entrega de resultados tangibles requiere acciones coordinadas en frentes críticos.

En primer lugar, la gestión de la movilidad humana debe ser integrada plenamente en las estrategias regionales de desarrollo. La migración climática no puede seguir siendo tratada como un subproducto de los desastres, sino como una dinámica demográfica estructural que requiere servicios públicos adaptados y marcos legales que protejan a las personas en movimiento. La creación de programas de reconversión laboral verde específicos para poblaciones desplazadas es una oportunidad para transformar la vulnerabilidad en productividad sostenible.

En segundo lugar, la transición justa debe ser el principio rector de la reactivación económica. El fortalecimiento de programas como Jóvenes Productivos y la expansión de la certificación de competencias verdes permitirán que la fuerza laboral peruana sea resiliente ante los cambios en el mercado global, que demanda cada vez más productos y servicios con baja huella de carbono y alto valor social.

En tercer lugar, la protección de la biodiversidad debe ser financiada como la infraestructura crítica que es. La movilización de recursos a través del TFFF y otros mecanismos de pago por resultados debe asegurar que los beneficios lleguen a los guardianes directos del bosque. El cumplimiento de la meta 30x30 es fundamental no solo para la naturaleza, sino para la seguridad hídrica y alimentaria de la nación.

Finalmente, la coherencia normativa y el respeto al espacio cívico son indispensables. La acción climática efectiva solo es posible en un entorno donde las comunidades, la academia y las organizaciones civiles puedan colaborar libremente con el Estado. Rumbo a la COP30 en Brasil, el Perú tiene la oportunidad de consolidar su liderazgo regional como un modelo de desarrollo que armoniza la ambición climática con la equidad social, demostrando que un futuro bajo en emisiones es también un futuro con más y mejores oportunidades para todos sus ciudadanos.

Capítulo 5

Eficiencia energética y la sostenibilidad en la producción industrial: Paradigma 4.0, el marco normativo y la transición energética en el Perú

La producción industrial contemporánea se encuentra en una encrucijada histórica definida por la necesidad imperativa de desvincular el crecimiento económico del consumo intensivo de recursos naturales. En este contexto, la eficiencia energética y la sostenibilidad han dejado de ser meros complementos éticos para transformarse en los pilares fundamentales de la competitividad y la resiliencia operativa. La industria, como motor de desarrollo, consume aproximadamente una tercera parte de la energía total a nivel global, una cifra que en naciones con un sector secundario en expansión subraya la urgencia de adoptar modelos de gestión optimizados.

La volatilidad de los precios de los energéticos, exacerbada por tensiones geopolíticas y la transición hacia una economía baja en carbono, ha forzado a las organizaciones a reevaluar su infraestructura y sus procesos bajo una óptica de eficiencia técnica y económica.

Fundamentos conceptuales y la interrelación entre eficiencia y sostenibilidad

La eficiencia energética en la industria se define, en su acepción más técnica, como el aprovechamiento óptimo de los recursos energéticos para obtener los mismos resultados productivos o superiores, sin comprometer la calidad de los procesos ni el rendimiento de las actividades diarias. No obstante, este concepto adquiere una dimensión más profunda cuando se analiza desde la sostenibilidad ambiental (Prado, 2025).

La sostenibilidad no solo busca la preservación del entorno, sino que integra la responsabilidad social corporativa (RSC) y la viabilidad económica a largo plazo. Así, la eficiencia energética se convierte en el vehículo principal para que el sector industrial alcance sus objetivos climáticos, alineándose con normativas locales e internacionales y mejorando su imagen de marca ante una sociedad cada vez más consciente.

Desde una perspectiva económica, la eficiencia energética se divide en técnica y económica. La primera es una relación física entre insumos (materiales, energía) y productos (*output*); la segunda busca maximizar el beneficio neto derivado del uso de dichos insumos. Esta distinción es crucial para la toma de decisiones estratégicas, ya que permite a las empresas evaluar no solo el ahorro de energía en términos de *kWh*, sino también el valor social y privado que se genera.

La relación entre energía y sostenibilidad se puede expresar mediante

la eficiencia de conversión η , donde:

$$\eta = \frac{E_{\text{útil}}}{E_{\text{total_ingresada}}} \times 100\%$$

En un sistema industrial ideal, la sostenibilidad se alcanza cuando η tiende a su máximo teórico y el impacto ambiental marginal se reduce al mínimo posible.

Beneficios estratégicos de la eficiencia energética industrial

La adopción de medidas de eficiencia energética genera un efecto multiplicador en la organización. Además del ahorro económico directo, se observa una disminución sistemática de la dependencia de combustibles fósiles, lo que a su vez minimiza el impacto ambiental asociado a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). La independencia energética se fortalece mediante la autogeneración y el aprovechamiento de fuentes residuales, otorgando a las empresas una mayor autonomía frente a la volatilidad del mercado eléctrico y de hidrocarburos (OSINERGMIN, 2016).

El paradigma de la Industria 4.0 y la digitalización de la eficiencia

La cuarta revolución industrial ha introducido un cambio de paradigma en la forma en que se gestiona la energía. La Industria 4.0 no es solo sinónimo de automatización, sino de una transformación digital integral que utiliza el

Internet de las Cosas (IoT), la Inteligencia Artificial (IA) y el Big Data para optimizar la producción y el consumo de recursos. En este entorno, las fábricas inteligentes operan de manera interconectada, permitiendo una visibilidad del consumo energético que antes era técnicamente inviable.

IoT y sensores inteligentes en la gestión energética

El uso de sensores IoT permite la captura de datos en tiempo real sobre el estado de las máquinas y los flujos de energía. Estos dispositivos pueden monitorear variables como temperatura, presión, vibraciones y picos de demanda eléctrica, enviando esta información a plataformas en la nube para su análisis inmediato. La monitorización energética en tiempo real es el primer paso para identificar patrones de consumo ineficientes y corregirlos automáticamente.

Gemelos Digitales (Digital Twins)

Los gemelos digitales representan la evolución de la simulación industrial. Son réplicas virtuales conectadas permanentemente con sistemas físicos, lo que permite probar y optimizar procesos en un entorno seguro antes de implementarlos en la planta real. En la gestión térmica, los gemelos digitales son fundamentales para analizar sistemas complejos donde interviene el calor, permitiendo reducir los tiempos de diseño y extender la vida útil de los componentes.

Inteligencia Artificial y mantenimiento predictivo

La IA desempeña un papel crucial al reconocer patrones en grandes volúmenes de datos que escaparían al ojo humano. El mantenimiento

predictivo, sustentado por algoritmos de IA, permite anticipar fallos en equipos críticos, evitando paradas de producción no planificadas que suelen conllevar un desperdicio energético significativo al reiniciar procesos térmicos o mecánicos.

Tecnologías y medidas para la optimización energética industrial

La mejora de la eficiencia energética requiere una combinación de cambios tecnológicos y mejoras en la gestión operativa. Las industrias deben enfocarse en los sistemas transversales que representan la mayor parte del consumo: motores, sistemas térmicos, iluminación y climatización.

Recuperación de calor residual

Una de las oportunidades más rentables es la recuperación del calor residual. Se estima que entre un 20% y un 50% de la energía consumida en procesos térmicos industriales se pierde en forma de calor en chimeneas o superficies calientes. La implementación de intercambiadores de calor, ciclos ORC (Organic Rankine Cycle) o bombas de calor industriales permite reutilizar esta energía para precalentar fluidos de proceso o generar electricidad, mejorando la eficiencia global de la planta sin necesidad de aumentar la potencia instalada.

Electrificación y descarbonización del calor

La descarbonización del calor industrial es un paso crítico hacia la sostenibilidad. Para temperaturas bajas y medias (hasta 500°C), la

electrificación directa mediante bombas de calor industriales y calderas eléctricas es la vía más eficiente, aprovechando la creciente participación de energías renovables en la red eléctrica. Para procesos de muy alta temperatura, donde la llama directa es necesaria, se exploran alternativas como el hidrógeno verde o el biometano (Leicher et al., 2024).

Motores de alta eficiencia y variadores de frecuencia

Dado que los sistemas motrices representan una gran proporción del consumo eléctrico industrial, la sustitución de motores antiguos por modelos de clase IE3 o IE4, combinada con el uso de variadores de frecuencia (VFD), permite ajustar la velocidad del motor a la carga real requerida, logrando ahorros que pueden superar el 30% en aplicaciones de bombeo o ventilación.

Sistemas de Gestión Energética y la Norma ISO 50001

Sin un monitoreo sistemático, los cambios tecnológicos suelen perder eficacia con el tiempo. Un Sistema de Gestión de la Energía (SGEn) asegura que los beneficios de la eficiencia sean permanentes y se integren en la cultura organizacional. La norma ISO 50001 establece el marco internacional para este fin, basándose en el ciclo de mejora continua PDCA (*Plan – Do – Check – Act*).

Diferencias y sinergias normativas

Es fundamental distinguir la ISO 50001 de otras normas como la ISO 14001. Mientras que la segunda aborda de manera general la gestión

ambiental y los residuos, la ISO 50001 se enfoca específicamente en la mejora del desempeño energético: eficiencia, uso y consumo. Ambas son compatibles y pueden integrarse para formar un sistema de gestión ambiental y energético robusto (véase la Tabla 19).

Tabla 19: Enfoque de las normas ISO 50001, 14001 y 9001

Norma	Enfoque Principal	Requisito Clave
ISO 50001	Desempeño Energético	Mejora continua de la eficiencia y reducción de consumo.
ISO 14001	Gestión Ambiental	Control de impactos ambientales significativos y residuos.
ISO 9001	Gestión de Calidad	Satisfacción del cliente y estandarización de procesos.

La certificación ISO 50001 otorga credibilidad ante el mercado, mejora la transparencia comercial y, en algunos países, exime a las empresas de

realizar auditorías energéticas obligatorias, reduciendo así la carga administrativa y el riesgo regulatorio.

Eficiencia energética y sostenibilidad en el contexto peruano

El Perú se encuentra en un proceso de transición energética ambicioso, liderado por el Ministerio de Energía y Minas (MINEM) y alineado con los compromisos del Acuerdo de París. El país se ha comprometido a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero en un 40% para el año 2030, lo que exige una transformación profunda de sus sectores más intensivos en energía (Ministerio del Ambiente, 2016).

Marco Legal y Política Nacional

La base legal del sistema peruano reside en la Ley N° 27345, Ley de Promoción del Uso Eficiente de la Energía, y su reglamento aprobado por el Decreto Supremo N° 053-2007-EM. Estos instrumentos establecen que el uso eficiente de la energía es de interés nacional para asegurar el suministro y mejorar la competitividad del país.

Recientemente, se ha trabajado en la actualización de la Política Energética Nacional al 2050, que integra vectores como el hidrógeno verde, la electromovilidad y la generación distribuida. El Plan Referencial de Uso Eficiente de Energía 2024-2050 (PRUEE 2050) servirá como hoja de ruta para articular estos esfuerzos a largo plazo.

El Sector Minero e Industrial en la Matriz Peruana

La minería es el sector con mayor consumo energético en el Perú, representando el 75.2% del consumo eléctrico nacional en su rubro y una demanda significativa de combustibles fósiles (17.4% diésel) para sus operaciones. La transición en este sector se enfoca en la incorporación de recursos energéticos renovables (RER) y la electrificación de flotas de transporte (Ministerio del Ambiente, 2016).

En la industria manufacturera, el MINEM ha identificado medidas de mitigación específicas denominadas ECE. La medida ECE18 se centra en intervenciones integrales de eficiencia energética en el sector manufacturero, buscando modernizar equipos y optimizar procesos de combustión.

Iniciativas para subsectores críticos

El Estado peruano, a través de programas como el Proyecto NAMA, ha focalizado esfuerzos en industrias con alto potencial de mitigación:

- **Industria Ladrillera:** Se promueve la instalación de ventiladores y el cambio a hornos de tiro invertido en ladrilleras artesanales (ECE14) y la modernización de hornos en ladrilleras industriales (ECE15).
- **Industria del Cemento:** El enfoque principal es el coprocesamiento, utilizando residuos como combustible alternativo para los hornos de clínker (ECE16).
- **Hidrógeno Verde:** Existe un grupo de trabajo multisectorial para desarrollar la hoja de ruta del H2V, con la meta de sustituir progresivamente el hidrógeno gris en procesos industriales.

El rol de PRODUCE y el apoyo a las MIPYMES

El Ministerio de la Producción (PRODUCE) desempeña un papel vital en la democratización de la eficiencia energética, especialmente para las micro, pequeñas y medianas empresas (MIPYME). A través de la red de Centros de Innovación Productiva y Transferencia Tecnológica (CITE), se brinda asistencia técnica y herramientas de diagnóstico.

Digitalización y Autodiagnóstico

Plataformas como Produce Virtual y el Aula Virtual PRODUCE facilitan el acceso a conocimientos sobre gestión energética y digitalización. Un recurso destacado es la Herramienta de Diagnóstico Energético (HDE), que permite a las empresas evaluar sus consumos y compararlos con líneas base sectoriales para identificar oportunidades de ahorro (OECD, 2020).

Incentivos Económicos y Financiamiento

El programa ProInnovate es el principal brazo ejecutor de incentivos financieros mediante recursos no reembolsables (*RNR*). Proyectos de innovación frente al cambio climático, que incluyan energía limpia y eficiencia energética, pueden recibir financiamientos de hasta S/ 1.6 millones. Además, el concurso de Validación de la Innovación apoya a las empresas para que transformen prototipos eficientes en soluciones comercializables, con aportes de hasta S/ 500,000.

Certificaciones de Edificación Sostenible:

LEED y EDGE

La eficiencia energética industrial no solo abarca los procesos, sino también la infraestructura donde se desarrollan. En el Perú, las certificaciones internacionales han cobrado relevancia para naves industriales y centros de distribución (Prado, 2025).

Certificación LEED

El sistema LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) reconoce la excelencia en el diseño y construcción sostenible. En el Perú, edificios como el Platinum Plaza (Gold) y el campus de la UTEC son ejemplos de cómo la arquitectura puede reducir drásticamente el consumo de agua y energía mediante ventilación natural e iluminación eficiente.

Certificación EDGE

EDGE (*Excellence in Design for Greater Efficiencies*) es una certificación más accesible, diseñada específicamente para mercados emergentes por la Corporación Financiera Internacional (IFC). Requiere una reducción mínima del 20% en energía, agua y carbono incorporado en los materiales (véase la Tabla 20).

Tabla 20: Niveles de certificación EDGE

Nivel EDGE	Requisito Energético	Estado
EDGE Certified	Ahorro $\geq$ 20%	Nivel Básico
EDGE Advanced	Ahorro $\geq$ 40%	Nivel Avanzado
EDGE Zero Carbon	100% Renovables / Compensación	Carbono Neutral

Barreras para la implementación de la eficiencia energética

A pesar de los claros beneficios, existen obstáculos significativos que limitan el despliegue masivo de estas medidas. Las barreras se pueden clasificar en tres grandes grupos:

1. **Barreras Financieras:** Los proyectos de eficiencia energética a menudo compiten por financiamiento con proyectos orientados al crecimiento de ventas. Existe una percepción de alto riesgo en cambios que afecten las líneas de producción activas, y muchas MIPYMES carecen de acceso a préstamos con condiciones favorables.
2. **Barreras Técnicas y de Infraestructura:** La presencia de maquinaria obsoleta y la falta de sistemas de submedición impiden una gestión precisa. Muchas empresas no pueden demostrar ahorros a corto plazo

porque carecen de una línea base energética confiable.

3. **Barreras Organizacionales y Culturales:** La eficiencia energética es percibida a menudo como una prioridad secundaria. La falta de capacitación del personal y la resistencia al cambio en la cultura operativa son desafíos críticos.

Para superar estas barreras, es fundamental el acompañamiento técnico, como el proporcionado por la cooperación alemana (GIZ) en conjunto con Produce, que ha permitido capacitar a más de 100 expertos y asesorar a 127 MIPYMES manufactureras en el país.

Casos de éxito y cuantificación del impacto en el Perú

La evidencia empírica en el mercado peruano demuestra que la eficiencia energética es una inversión con retornos atractivos.

Proyecto CDKN y auditorías en Lima

Un estudio realizado en 12 empresas de manufactura, servicios y alimentación en Lima reveló resultados prometedores tras auditorías energéticas. Se estimó que las empresas participantes podrían lograr ahorros de casi US\$ 9 millones en un periodo de 10 años, con una reducción promedio del 15% en el consumo energético y un retorno de inversión promedio de solo dos años.

Ejemplos Corporativos

- **BBVA Perú:** Implementó la norma ISO 50001 en sus sedes principales,

logrando una reducción significativa en el consumo y un control riguroso de sus indicadores de desempeño energético.

- **Confipetrol Andina:** Fue la primera empresa de servicios industriales en el país en certificar ISO 50001:2018, optimizando el mantenimiento de activos industriales para sus clientes.
- **Alicorp:** Utilizó sensores inteligentes y luminarias LED en su planta de salsas, cumpliendo con estándares de seguridad alimentaria mientras reducía costos operativos.
- **Laboratorio CLAT:** Mediante un diagnóstico energético y la formación de un comité de energía, logró reducir significativamente el consumo de gas LP y las emisiones de *GEI*.

La eficiencia energética y la sostenibilidad en la producción industrial no son solo metas ambientales, sino estrategias de supervivencia económica en el siglo XXI. La integración de tecnologías de la Industria 4.0 con sistemas de gestión estandarizados como la ISO 50001 permite a las organizaciones transformar datos brutos en decisiones inteligentes que maximizan la rentabilidad y minimizan el impacto ecológico (Ministerio del Ambiente, 2020).

En el Perú, el marco normativo y los programas de fomento como ProInnovate ofrecen un ecosistema favorable para que las empresas, desde las MIPYMES hasta las grandes mineras, transicionen hacia modelos más limpios. Sin embargo, el éxito de esta transición depende de la superación de barreras culturales y del compromiso real de la alta dirección para institucionalizar la gestión energética.

Se recomienda a las empresas industriales:

1. Realizar diagnósticos energéticos periódicos para identificar los usos significativos de energía.
2. Apostar por la digitalización mediante sensores IoT que permitan la monitorización en tiempo real.
3. Evaluar la recuperación de calor residual y la electrificación de procesos térmicos de baja temperatura.
4. Buscar certificaciones como EDGE o LEED para sus infraestructuras nuevas, garantizando activos de mayor valor y menor costo operativo.
5. Involucrar a todo el personal en la identificación de desperdicios energéticos, fortaleciendo una cultura de mejora continua alineada con los objetivos de desarrollo sostenible (Gracia, 2023).

La industria del futuro será aquella que logre producir más valor con menos energía, asegurando su lugar en un mercado global cada vez más restrictivo con la huella de carbono y más apremiante con la eficiencia operativa.

Capítulo 6

Características de una cadena de suministro resiliente y su impacto en la seguridad multidimensional de la población peruana

La conceptualización de una cadena de suministro positiva en el contexto peruano trasciende la mera eficiencia operativa o la optimización de costes logísticos; representa un imperativo de supervivencia para un Estado cuya geografía y vulnerabilidades sistémicas imponen desafíos constantes a la continuidad de la vida nacional. La resiliencia de la cadena de suministro se define como la capacidad intrínseca de una organización o sistema para persistir, adaptarse o transformarse ante una disrupción, manteniendo operaciones críticas mientras se ajusta proactivamente a condiciones cambiantes y riesgos emergentes (Sánchez et al., 2021).

En el Perú, este concepto adquiere una relevancia crítica debido a que el 46% del territorio nacional presenta condiciones de vulnerabilidad física de alta a muy alta, espacio que es habitado y utilizado por el 36% de la población total. Por tanto, una cadena de suministro resiliente no es solo un activo empresarial, sino el soporte vital que garantiza el acceso a alimentos, medicamentos, energía y servicios básicos para millones de ciudadanos en situaciones de crisis extrema.

El imperativo de la resiliencia ante la vulnerabilidad territorial y climática

La configuración de flujos logísticos en el Perú debe partir de una comprensión profunda de las amenazas recurrentes. El país enfrenta riesgos de origen natural que, combinados con una ocupación desordenada del territorio, generan desastres que interrumpen de manera cíclica las redes de abastecimiento (Grupo Banco Mundial, 2016). Los eventos sísmicos, por ejemplo, representan un riesgo latente de gran magnitud, particularmente en la costa central y Lima, donde se concentra la mayor densidad poblacional y los principales nodos logísticos como el puerto del Callao. Un sismo de gran magnitud en esta área no solo comprometería la infraestructura física, sino que podría paralizar el comercio exterior y la distribución interna por semanas, evidenciando la falta de redundancia en los sistemas actuales.

Por otro lado, los fenómenos hidrometeorológicos, encabezados por el Fenómeno El Niño (FEN), constituyen la amenaza más dinámica para la estabilidad de las cadenas de suministro. El FEN no es un evento uniforme, sino una manifestación de la variabilidad climática interanual que altera drásticamente la temperatura del mar y los patrones de precipitación.

La historia peruana está marcada por eventos extraordinarios en 1982/83, 1997/98 y el Niño Costero de 2017, este último afectando a más de 1.2 millones de personas y causando daños masivos en infraestructuras viales, viviendas y áreas productivas. La interrupción de las vías de comunicación durante estos eventos genera un efecto inmediato de desabastecimiento en las ciudades y una pérdida de competitividad para los productores agrícolas,

quienes ven sus cosechas atrapadas en zonas de desastre.

Análisis de impactos diferenciados del Fenómeno El Niño

Es fundamental notar que una cadena de suministro positiva debe ser capaz de gestionar tanto los impactos negativos como de capitalizar las oportunidades que surgen de la variabilidad climática. Mientras que el exceso de lluvias destruye puentes y satura suelos en el norte, también favorece la regeneración natural de bosques secos y la recarga de acuíferos (véase la Tabla 21).

Tabla 21: Impactos diferenciados por el fenómeno del niño en Perú

Impactos Negativos en Suministro	Impactos Positivos / Oportunidades
Destrucción de infraestructura vial y puentes.	Regeneración natural de bosques secos en la costa norte.
Baja producción pecuaria por estrés térmico.	Recarga de acuíferos por lluvias intensas.
Disminución de producción de papa por	Favorecimiento del cultivo de arroz en la

humedad excesiva.	costa.
Desplazamiento de cardúmenes de anchoveta.	Aparición de nuevas especies marinas pelágicas.
Incremento de enfermedades infectocontagiosas (cólera, malaria).	Praderas temporales para ganadería en zonas áridas.

Nota: La gestión resiliente implica una logística flexible que pueda reorientarse hacia la captura de nuevas especies marinas o la distribución de semillas adaptadas a condiciones de alta humedad.

Fragilidad estructural de los nodos logísticos y la Carretera Central

La resiliencia poblacional se ve comprometida por una excesiva dependencia de infraestructuras que operan al límite de su capacidad operativa. El sistema logístico peruano se caracteriza por una macrocefalia donde Lima y el Callao actúan como el centro de gravedad absoluto del comercio. El puerto del Callao, que moviliza más del 80% del tráfico de contenedores del país, enfrenta una congestión crónica que genera pérdidas de aproximadamente US\$ 288 millones al año.

Esta saturación no solo eleva los fletes y tiempos de entrega, sino que reduce el margen de maniobra ante emergencias. Cuando el puerto del Callao se congestiona, la capacidad de respuesta nacional se degrada, ya que no existen alternativas inmediatas con la misma escala operativa.

La situación de la Carretera Central es igualmente crítica. Este tramo es el principal eje de conexión entre la capital y el centro productor del país, movilizand o productos alimenticios, minerales y materiales de construcción. Sin embargo, su diseño técnico está previsto para un flujo de 4,000 vehículos por día, mientras que en la realidad soporta más de 6,000.

Esta brecha de capacidad convierte a la vía en un punto de fallo catastrófico: cualquier accidente, derrumbe o huelga corta el flujo de alimentos perecibles hacia Lima (que representan el 25% de la carga entrante) y de productos procesados hacia las regiones de la sierra y selva.

Interdependencia y flujos de carga en el eje Centro-Lima

La vulnerabilidad de la Carretera Central expone una interdependencia mutua entre la capital y las regiones centrales. Lima depende de la Sierra para su seguridad alimentaria inmediata, mientras que el Centro requiere materiales de construcción y alimentos no perecibles de la industria limeña (véase la Tabla 22).

Tabla 22: Flujos de carga en Lima

Sentido del Flujo	Principales Tipos de Carga	Importancia para la Población
Centro hacia Lima	Alimentos Perecibles (25%), Concentrados (13%), Minerales (25%)	Seguridad alimentaria y suministro de materias primas industriales.
Lima hacia Centro	Materiales de Construcción (32%), Alimentos no perecibles (27%), Químicos (10%)	Continuidad de la construcción y abastecimiento comercial regional.
Tránsito de Pasajeros	12 millones de personas anuales (promedio)	Movilidad laboral, turística y acceso a servicios especializados.

La falta de rutas alternativas viables agrava la situación. Aunque existen cinco rutas recomendadas por SUTRAN, la mayoría presenta restricciones severas para vehículos de gran tonelaje o duplica el tiempo de viaje, lo que

eleva drásticamente los costos operativos y hace inviable el abastecimiento a gran escala durante crisis prolongadas. Por ejemplo, la ruta a través de Pisco-Huancayo es la única que soporta tráileres de 48 toneladas, pero requiere un recorrido adicional de 380 kilómetros respecto a la vía principal.

La revolución de la descentralización: El puerto de Chancay y nuevos nodos regionales

Una característica fundamental de una cadena de suministro positiva es la redundancia de nodos estratégicos. En este sentido, el desarrollo del Terminal Portuario Multipropósito de Chancay representa el cambio de paradigma más significativo en la historia logística reciente del Perú. Con una inversión proyectada de US\$ 3,000 millones y un diseño de puerto inteligente, Chancay se posiciona como el hub regional del Pacífico Sur. Su capacidad para recibir buques de clase Triple-E (18 metros de profundidad) permitirá por primera vez que el Perú reciba directamente las naves más grandes del mundo, eliminando la necesidad de transbordos en puertos de Norteamérica o Asia.

El impacto de Chancay en la resiliencia poblacional es multidimensional. Primero, reduce la dependencia exclusiva del Callao, proporcionando una alternativa de alta capacidad ante bloqueos o desastres en la capital. Segundo, optimiza los tiempos de tránsito hacia Asia en un promedio de 10 a 12 días, lo que se traduce en menores costos para las exportaciones agrícolas y una llegada más rápida de insumos críticos importados. Además, el proyecto incluye una zona logística fuera del área urbana y un viaducto subterráneo, lo que minimiza la interferencia con el tráfico local y aumenta la seguridad

operativa.

Integración territorial y corredores bioceánicos

La visión de largo plazo hacia 2030-2040, impulsada por Ceplan, integra a Chancay no solo como un puerto, sino como el motor de nodos productivos en el hinterland nacional. Este puerto se articula como la salida natural para los productos de la sierra central y la Amazonía, e incluso como un corredor estratégico para la carga proveniente del oeste de Brasil, consolidando un eje bioceánico eficiente. La descentralización portuaria, que incluye también la modernización de terminales en Paita (norte), Matarani (sur) y Paracas (centro-sur), fortalece la resiliencia al distribuir la carga estratégica en múltiples puntos del litoral, evitando que un solo evento catastrófico paralice la nación.

Modernización institucional y el marco normativo de abastecimiento

La resiliencia no solo depende de la infraestructura física, sino de la solidez de las instituciones y la agilidad de las leyes que rigen el intercambio de bienes. El Perú ha dado pasos significativos con la creación del Sistema Nacional de Abastecimiento (SNA) y la reciente Ley de Contrataciones Públicas (Ley 32069), publicada en junio de 2024. Esta normativa introduce conceptos avanzados de gestión pública diseñados para maximizar el valor público y garantizar la eficiencia en el uso de los recursos del Estado.

El principio de Valor por Dinero y la Gestión de Riesgos

Uno de los pilares de la Ley 32069 es el principio de Valor por Dinero, que obliga a las entidades públicas a buscar el mejor resultado posible considerando no solo el menor precio, sino la calidad, la sostenibilidad y el ciclo de vida de los bienes adquiridos. Este enfoque es vital para la resiliencia, ya que incentiva la compra de equipos e infraestructuras con mayores estándares de durabilidad y tecnología, reduciendo la probabilidad de fallas durante desastres naturales. Asimismo, la ley establece la Gestión de Riesgos como un proceso dinámico y obligatorio en todas las etapas de la contratación, lo que permite anticipar y mitigar posibles cuellos de botella antes de que afecten a la población (Grupo Banco Mundial, 2025).

La normativa también reconoce la facultad discrecional de los funcionarios para tomar decisiones técnicas, protegiendo la agilidad operativa necesaria en contextos de desastre, donde las soluciones rígidas suelen ser ineficaces. Este marco legal proporciona la seguridad jurídica necesaria para que el sector público y el privado colaboren de manera efectiva en la continuidad de los servicios esenciales.

Transformación digital como catalizador de la visibilidad y respuesta

En una cadena de suministro positiva, la información es tan crítica como el producto físico. La transformación digital en el Perú se ha acelerado, con un 76% de las empresas iniciando procesos de digitalización, enfocados principalmente en operaciones y tecnología. Para la población, esto significa

una logística más transparente y una respuesta más rápida ante la escasez.

Tecnologías emergentes en la logística nacional

El uso de Big Data, el Internet de las Cosas (IoT) y la Inteligencia Artificial (IA) está redefiniendo la capacidad de predicción y respuesta del país. El análisis predictivo permite anticipar picos de demanda analizando datos históricos, tendencias de mercado e incluso factores climáticos, lo que evita desabastecimientos críticos en zonas vulnerables. Por su parte, el IoT facilita el seguimiento en tiempo real de cada paquete o vehículo, garantizando que los suministros críticos, como las vacunas, mantengan su integridad en la cadena de frío.

Un caso de éxito notable es la implementación del Sistema de Gestión de Almacenes (WMS) por parte de CENARES (Centro Nacional de Abastecimiento de Recursos Estratégicos en Salud). Este sistema, desarrollado por su propia oficina de tecnologías, permite una trazabilidad completa de los medicamentos desde la recepción hasta la entrega en los centros de salud a nivel nacional. Al tener visibilidad del stock en tiempo real, CENARES puede optimizar la infraestructura de almacenamiento y tomar decisiones estratégicas basadas en datos oportunos, lo que eleva significativamente la calidad de la atención sanitaria para la población.

Blockchain y la integridad del suministro

La tecnología Blockchain está ganando terreno como una herramienta para garantizar la transparencia y seguridad en la cadena de suministro gubernamental. Al registrar cada transacción en un libro inmutable, el Blockchain reduce drásticamente el riesgo de fraude, corrupción o desvío de

bienes destinados a la asistencia humanitaria (Swam, 2015). La resiliencia de la población peruana se fundamenta en un sistema de respuesta estructurado bajo el mando de INDECI.

La logística humanitaria se define como el conjunto de acciones destinadas a suministrar equipos, personal y recursos en las cantidades y momentos requeridos para salvar vidas. Este proceso se apoya en la Evaluación de Daños y Análisis de Necesidades (EDAN), que determina el tipo de ayuda requerida según el impacto real del desastre.

El rol estratégico de los almacenes descentralizados

Para garantizar una respuesta oportuna, el país cuenta con una red de almacenes estratégicamente ubicados en los tres niveles de gobierno. La ubicación de estos centros no es aleatoria; responde a escenarios de riesgo que consideran la accesibilidad, los medios de transporte disponibles y las costumbres locales.

1. **Almacenes Nacionales (INDECI):** Reservas masivas para emergencias de gran magnitud (Nivel 4 y 5) que superan la capacidad regional.
2. **Almacenes Regionales y Locales:** Puntos de atención inmediata administrados por gobiernos regionales y municipalidades para resolver crisis de menor escala o proveer el soporte inicial en las primeras 48 horas.

La asistencia humanitaria se enfoca en tres ejes prioritarios: techo y abrigo (carpas, frazadas), alimentación y agua potable, y servicios de salud y saneamiento. Durante crisis prolongadas, como la escasez de combustible proyectada para marzo de 2026, el Estado ha demostrado capacidad para

implementar medidas de contingencia, como el racionamiento de gas natural para asegurar el suministro a hospitales y transporte público, y la promoción del teletrabajo para reducir la presión sobre la demanda energética.

Resiliencia del tejido productivo local: MYPES y agricultura familiar

Una cadena de suministro positiva debe ser inclusiva, reconociendo el papel vital de las micro y pequeñas empresas (MYPES) y los pequeños agricultores como proveedores de resiliencia comunitaria. En el Perú existen aproximadamente 3.1 millones de MYPES, las cuales generan empleo para 9 millones de personas y representan el 21% del PBI. A pesar de su fragilidad financiera, las MYPES han demostrado una capacidad de adaptación inigualable, transformando sus modelos de negocio durante la pandemia para satisfacer nuevas demandas sociales (Ruíz et al., 2026).

El apoyo a los pequeños productores y la seguridad alimentaria

El fortalecimiento de la producción local es una estrategia central para reducir la vulnerabilidad ante crisis logísticas globales. Programas de la FAO proponen un enfoque de Caisse de Résilience que combina apoyo técnico con microcréditos para pequeños agricultores, permitiéndoles diversificar sus cultivos y adoptar prácticas agrícolas resilientes al clima. Esto es crucial en el Perú, donde la agricultura familiar es la base de la dieta nacional y donde las mujeres representan el 43% de la mano de obra agrícola, siendo frecuentemente las más afectadas por las interrupciones económicas.

Las estrategias de resiliencia para el sector agrícola incluyen:

- **Asistencia Integrada (Cash+):** Combinación de transferencias monetarias con capacitación técnica para mejorar la nutrición y la producción.
- **Seguros Agrarios y Microfinanzas:** Intervenciones sensibles al riesgo que protegen la inversión del agricultor ante eventos climáticos extremos.
- **Infraestructuras Verdes:** Rehabilitación de canales de riego y caminos rurales para asegurar que la producción llegue a los mercados locales incluso tras lluvias intensas.

La biodiversidad agrícola peruana, mantenida por comunidades tradicionales, ofrece una reserva genética de cultivos resistentes a plagas y sequías, lo que constituye una póliza de seguro natural para la seguridad alimentaria de largo plazo (Grupo Banco Mundial, 2025).

Hacia una gestión de inventarios estratégicos:

El fin del Justo a Tiempo

La resiliencia moderna exige una transición del modelo Justo a Tiempo (JIT) hacia estrategias de Justo en Caso (Just-in-Case). Mientras que el JIT busca minimizar costos de almacenamiento, el modelo de resiliencia prioriza la continuidad del servicio mediante la creación de inventarios de seguridad para bienes esenciales como alimentos, combustibles y medicinas (Vidal, 2007).

Modelado de escenarios y reservas de seguridad

Ceplan y otros organismos prospectivos sugieren que el Perú debe gestionar reservas estratégicas para amortiguar choques externos temporales, como bloqueos de puertos internacionales o crisis geopolíticas que disparen los precios de los insumos. El uso de gemelos digitales y simuladores de riesgo permite a las empresas y al Estado identificar sus eslabones más débiles y definir planes de contingencia antes de que ocurran las interrupciones.

Por ejemplo, la gestión de inventarios con inteligencia artificial permite analizar patrones de compra y tendencias de mercado para predecir la demanda futura con alta precisión, evitando tanto el desperdicio por vencimiento como la escasez por falta de previsión. En el sector salud, esto garantiza que los productos críticos se utilicen siguiendo el método FIFO (First In, First Out), asegurando la calidad y efectividad del tratamiento para la población.

La construcción de una cadena de suministro positiva para la resiliencia de la población peruana requiere un enfoque holístico que integre infraestructura física, modernización institucional, transformación digital y fortalecimiento social. No existe una solución única, sino una red de medidas complementarias que deben actuar de manera coordinada.

En primer lugar, la descentralización de los nodos logísticos, liderada por el puerto de Chancay y la expansión de rutas alternativas a la Carretera Central, es el paso fundamental para eliminar la vulnerabilidad que representa la dependencia de Lima y el Callao. Una nación que puede operar desde múltiples centros geográficos es una nación que no puede ser paralizada por

un solo desastre.

En segundo lugar, el nuevo marco normativo de abastecimiento público debe ser implementado con disciplina, priorizando la calidad y la gestión de riesgos sobre el ahorro inmediato. El Estado debe ser un comprador inteligente que fomente la innovación y la vigencia tecnológica, asegurando que los recursos lleguen a quienes más los necesitan con eficiencia y transparencia.

Tercero, la tecnología debe ser democratizada. La digitalización de las MYPES y el uso de herramientas predictivas en el sector público son esenciales para ganar agilidad y visibilidad en tiempo real. Un sistema logístico que puede ver el problema antes de que ocurra es un sistema que protege vidas.

Finalmente, la resiliencia peruana reside en su gente. El fortalecimiento de los pequeños agricultores y las organizaciones sociales comunitarias proporciona la base de apoyo necesaria para que la población no solo resista a las crisis, sino que se recupere con mayor fortaleza. La cadena de suministro resiliente es, en última instancia, el cordón umbilical que une la capacidad productiva del país con el bienestar innegociable de cada ciudadano.

Conclusión

Uno de los argumentos centrales de este libro es que la descarbonización no es un costo, sino una inversión de bajo riesgo en comparación con el precio de la inacción. Las proyecciones económicas indican que el cambio climático podría costarle al Perú miles de millones de soles si no se implementan medidas de adaptación urgentes. Para el año 2030, se estima que el PIB per cápita del país podría ser entre un 0.8% y un 5% menor de lo que sería en ausencia de alteraciones climáticas significativas.

El déficit de financiamiento es el principal cuello de botella. Aunque el país requiere S/ 186,296 millones para cumplir con sus compromisos climáticos al 2030, el presupuesto asignado en la última década ha sido insuficiente para cerrar esta brecha. La "Guía para la Evaluación Económica de Medidas de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático", publicada recientemente por el MINAM, busca mejorar la toma de decisiones presupuestales, priorizando proyectos con mayor impacto social y ambiental. Sin embargo, se requiere una mayor movilización de capital privado y la creación de mecanismos financieros innovadores, como bonos verdes y esquemas de precios de carbono, para acelerar la transición.

"De cero emisiones netas a cadenas de suministro positivas para el clima peruano" no es solo un título; es la hoja de ruta para una nueva etapa en el desarrollo nacional. A través de los capítulos de esta investigación, se demostró que el cumplimiento de los ODS 2030 y las metas de neutralidad 2050 requiere una alianza sin precedentes entre el Estado, el sector privado y la sociedad civil.

La evidencia analizada sugiere que el éxito del Perú dependerá de su capacidad para:

- *Frenar drásticamente la deforestación mediante la formalización de la propiedad forestal y el apoyo a sistemas agroforestales resilientes.*
- *Liderar la transición energética regional aprovechando su potencial en renovables y modernizando su parque automotor.*
- *Institucionalizar la economía circular como el motor de una industria manufacturera y agroindustrial competitiva.*
- *Mobilizar el financiamiento climático necesario para que las regiones más vulnerables puedan adaptarse a una realidad climática que ya está aquí.*

Este libro busca ser una herramienta para académicos, decisores de política y líderes empresariales que entienden que el futuro de la economía peruana es verde o no será. La ciencia es clara, los compromisos están asumidos y el marco legal está en construcción; el desafío pendiente es la ejecución acelerada y a escala de una visión que coloque al clima en el centro del bienestar humano y la prosperidad económica del país.

Bibliografía

Bárcena, A., Cimoli, M., García, R., Samaniego, J., & Pérez, R. (2020). *La emergencia del cambio climático en América Latina y el Caribe ¿Seguimos esperando la catástrofe o pasamos a la acción?*. Santiago: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
<https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/68d30fbe-9c44-4848-867f-59bbdec62992/content>

Cerro Verde (2024). *Agua que nos une*. Memoria anual 2024, Cerro Verde, <https://www.cerroverde.pe/pdf/Memoria-Anual-2024-y-anexos.pdf>

Gestión. (2026, 19 de febrero). *Las 29 empresas en Perú que entraron al Top 200 sectorial del Ranking Merco ESG 2025*. [Comunicado de prensa].
<https://gestion.pe/g-de-gestion/reportaje/merco-esg-2025-ranking-de-sectores-que-mas-avanzan-en-sostenibilidad-en-peru-molitalia-bancos-mineria-educacion-noticia/>

Gracia Pérez, D. (2023). Movilidad medioambiental en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. *Justicia Ambiental*, 3(4), 47-81.
<https://doi.org/10.35292/justiciaambiental.v3i4.852>

Grupo Banco Mundial. (2016). *Análisis integral de la logística en el Perú*. Washington: Grupo Banco Mundial.
<https://documents1.worldbank.org/curated/en/555181547057977330/pdf/133561-WP-P145783-Analisis-dela-Logistica-Peru.pdf>

Grupo Banco Mundial. (2025). *Perú: Revisión de las finanzas públicas*.

Washington: Grupo Banco Mundial.
<https://documents1.worldbank.org/curated/en/099121125172020484/pdf/P500683-e631104a-a95f-42d8-868a-7de801c03f60.pdf>

Guo, X., Kou, R., & He, X. (2024). Hacia la neutralidad de carbono: análisis de aprendizaje automático de las emisiones vehiculares en Canadá. *Sustainability* , 16 (23), 10526.
<https://doi.org/10.3390/su162310526>

Infobae. (2025, 25 de octubre). *El mayor complejo pesquero de Chimbote migra a gas natural y el sector continúa con avances en su reducción de huella ambiental.* [Comunicado de prensa].
<https://www.infobae.com/peru/2025/10/25/tasa-avanza-en-sostenibilidad-planta-de-harina-de-pescado-en-chimbote-reduce-emisiones-con-nueva-matriz-energetica/>

La República. (2025, 27 de noviembre). Emprender con propósito es transformar realidades: Así se vivió el Desafío Kunan 2025. [Comunicado de prensa].
<https://especial.larepublica.pe/la-republica-sostenible/2025/11/27/emprender-con-proposito-es-transformar-realidades-asi-se-vivio-el-desafio-kunan-2025-1849824>

Leicher, J., Giese, A., & Wieland, C. (2024). ¿Electrificación o hidrógeno? El desafío de descarbonizar el calor de los procesos industriales (de alta temperatura). *J*, 7 (4), 439-456. <https://doi.org/10.3390/j7040026>

Luty, L., Zioto, M., Knapik, W., Bąk, I. y Kukuła, K. (2023). Seguridad energética a la luz de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. *Energías* , 16 (3), 1390.
<https://doi.org/10.3390/es16031390>

Martínez-Rodríguez, M.C., Campos-Villegas, L.E., & Castillo-Monroy, J. (2021). Metodologías para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero: descripción del proyecto de control en una industria productora de cemento. *Revista Tecnología en Marcha*, 34(3), 177-188. <https://dx.doi.org/10.18845/tm.v34i3.5313>

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2025, 02 de julio). *Perú hacia el cumplimiento de la Reglamentación de la Unión Europea - EUDR* [Comunicado de prensa]. <https://www.gob.pe/institucion/midagri/campa%C3%B1as/106170-peru-hacia-el-cumplimiento-de-la-reglamentacion-de-la-union-europea-eudr>

Ministerio del Ambiente. (2016). *El acuerdo de París: El largo proceso hacia el éxito. Rol, retos y oportunidades para el Perú*. Lima: Ministerio del Ambiente. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/03/COP21-Final.pdf>

Ministerio del Ambiente. (2016). *El Perú y el cambio climático*. Lima: Ministerio del Ambiente. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/05/Tercera-Comunicaci%C3%B3n.pdf>

Ministerio del Ambiente. (2018). *Grupo de Trabajo Multisectorial de naturaleza temporal encargado de generar información técnica para orientar la implementación de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (GTM NDC)*. Lima: Ministerio del Ambiente. https://www.minam.gob.pe/cambioclimatico/wp-content/uploads/sites/127/2019/01/190107_Informe-final-GTM-NDC_v17dic18.pdfPA%C3%91OL.pdf

Ministerio del Ambiente. (2020, 12 de diciembre). *Perú incrementa su ambición*

climática para reducir en 40 % sus emisiones de carbono hacia el año 2030 [Comunicado de prensa].

<https://www.apa.org/news/press/releases/2020/11/anxiety-depression-treatment>

Ministerio del ambiente. (2020, 26 de agosto). *Industrias que tienen componentes de sostenibilidad en sus procesos aportan al cumplimiento de metas nacionales ante el cambio climático*. [Comunicado de prensa].

<https://www.gob.pe/institucion/minam/noticias/296290-industrias-que-tienen-componentes-de-sostenibilidad-en-sus-procesos-aportan-al-cumplimiento-de-metas-nacionales-ante-el-cambio-climatico>

Ministerio del Ambiente. (2025, 06 de noviembre). Perú reporta ante Convención de Naciones Unidas sus nuevas metas frente al cambio climático. [Comunicado de prensa].

<https://www.gob.pe/institucion/minam/noticias/1282927-peru-reporta-ante-convencion-de-naciones-unidas-sus-nuevas-metas-frente-al-cambio-climatico>

Ministerio del Ambiente. (2026, 27 de febrero). *Perú, Noruega, Alemania y Reino Unido renuevan acuerdo para frenar la deforestación en la Amazonía*. [Comunicado de prensa].

<https://www.gob.pe/institucion/minam/noticias/1359704-peru-noruega-alemania-y-reino-unido-renuevan-acuerdo-para-frenar-la-deforestacion-en-la-amazonia>

Naciones Unidas. (2015). *Acuerdo de París*. París: Naciones Unidas. https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf

Naciones Unidas. (2015, 01 de abril). *Objetivo 12—Garantizar modalidades de*

consumo y producción sostenibles: un requisito esencial para el desarrollo sostenible. [Comunicado de prensa].

<https://www.un.org/es/chronicle/article/objetivo-12-garantizar-modalidades-de-consumo-y-produccion-sostenibles-un-requisito-esencial-para-el>

Naciones Unidas. (2023). *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Nueva York: UN https://unstats.un.org/sdgs/report/2023/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2023_Spanish.pdf

Observatorio Ceplan. (2025). *Blockchain para la trazabilidad de los productos regionales.* [Comunicado de prensa]. https://observatorio.ceplan.gob.pe/ficha/o14_2025

OECD et al. (2020). *Perspectivas económicas de América Latina 2020: Transformación digital para una mejor reconstrucción*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/f2fdced2-es>

OSINERGMIN. (2016). *La industria de la electricidad en el Perú*. Lima: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Industria-Electricidad-Peru-25anios.pdf

Petropoulos, F., Akkermans, H., Aksin, O. Z., Ali, I., Babai, M. Z., Barbosa-Povoa, A., ... Zheng, T. (2026). Operations & supply chain management: principles and practice. *International Journal of Production Research*, 64(1), 330–513. <https://doi.org/10.1080/00207543.2025.2555531>

Prado Chuquillanqui, G.A. (2025). Eficiencia energética en las industrias del

Perú con autogeneración y aprendizajes claves para avanzar en la sostenibilidad empresarial. *Gestión En El Tercer Milenio*, 28(56), 221-252. <https://doi.org/10.15381/gtm.v28i56.29695>

Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático. (2016, 03 de agosto). *Perú presenta grandes avances en REDD+ para reducir la deforestación y degradación de bosques*. [Comunicado de prensa]. <https://www.gob.pe/institucion/bosques/noticias/619884-peru-presenta-grandes-avances-en-redd-para-reducir-la-deforestacion-y-degradacion-de-bosques>

Ruiz, Z. C., Carrillo, S., Cабrales, P. G. G., Jiménez, O. G. R., Hernández, F. M., & López, S. B. (2026). Resiliencia organizacional y gestión de la cadena de suministro en micro y pequeñas empresas. *REVISTA DELOS*, 19(77), e8618. <https://doi.org/10.55905/rdelosv19.n77-051>

Sánchez Suárez, Y., Pérez Castañeira, J.A., Sangroni Laguardia, N., Cruz Blanco, C., & Medina Nogueira, Y.E. (2021). Retos actuales de la logística y la cadena de suministro. *Ingeniería Industrial*, 42(1), 169-184

Su, Z. (2026). Transformación digital en la logística portuaria. *Enciclopedia*, 6 (1), 28. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia6010028>

Swan, M. (2015). *Blockchain: Blueprint for a New Economy*. California: O' Reilly.

Tapia, R., Gómez, J.M., Diago, J.P. (2023). *Derecho y sustentabilidad energética*. Morelos: Corporación Universitaria Autónoma del Cauca. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/libro/983538.pdf>

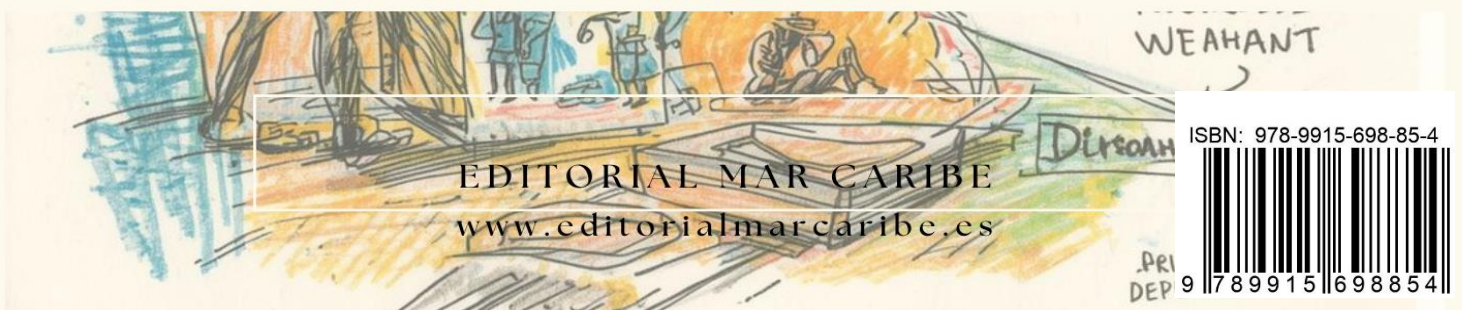
Vidal Rodriguez, S.M., (2007). Estrategia logística del justo a tiempo para crear ventajas competitivas en las organizaciones. *PROSPECTIVA*, 5(1), 78-81

De esta edición de *“De cero emisiones netas a cadenas de suministro positivas para el clima peruano: Objetivos de Desarrollo Sostenible 2030”*, se terminó de editar en la ciudad de Colonia del Sacramento en la República Oriental del Uruguay el 15 de marzo de 2026

NÉLIDA GUILLES ESCALANTE ESPINOZA - DANILO PACIFICO SÁNCHEZ CASTILLO - KEVIN CONCEPCIÓN VALVERDE POMA -
MARÍA DELFINA PÉREZ CAMPOMANES - PERCY ARMANDO ALBURQUERQUE SANTISTEBAN - CLAUDIA DE JESÚS MORALES
AQUITUARI - JOAQUÍN ALVAREZ CARRILLO



De cero emisiones netas a cadenas de suministro positivas para el clima peruano: Objetivos de Desarrollo Sostenible 2030



EDITORIAL MAR CARIBE
www.editorialmarcaribe.es

ISBN: 978-9915-698-85-4



PRE
DEP 9

789915698854