

DOI: <https://doi.org/10.63618/omd/revinvlid/v3/n2/1>

Impactos y perspectivas de expansión de la energía eólica marina y seguridad energética

Impacts and prospects for the expansion of offshore wind energy and energy security

Guerrero-Calero, Juan Manuel ¹

¹ Universidad Estatal del Sur de Manabí; Ecuador; <https://orcid.org/0000-0002-1356-0475>;
juan.guerrero@unesum.edu.ec

Cita: Guerrero-Calero, J. M. (2026). Impactos y perspectivas de expansión de la energía eólica marina y seguridad energética. *Revista De Investigación Y Liderazgo*, 3(2), 1-20. <https://doi.org/10.63618/omd/revinvlid/v3/n2/1>

Resumen

América Latina posee una matriz eléctrica relativamente renovable, pero aún enfrenta vulnerabilidades asociadas a sequías, dependencia hidroeléctrica, rezagos de transmisión, volatilidad de combustibles fósiles y desigualdades de acceso energético. El estudio tuvo como objetivo analizar los impactos y perspectivas de expansión de la energía eólica marina y su contribución potencial a la seguridad energética regional. La metodología correspondió a una revisión bibliográfica exploratoria, basada en documentos científicos, técnicos e institucionales sobre potencial eólico marino, transición energética, impactos socioambientales, gobernanza, costos e integración eléctrica. Los resultados evidenciaron un potencial técnico considerable en países como Brasil, Colombia, Chile, México, Argentina y Uruguay, aunque condicionado por infraestructura portuaria, transmisión, financiamiento, regulación, profundidad marina y aceptación socioterritorial. La discusión plantea que la eólica marina no constituye una solución automática, sino una infraestructura estratégica cuya viabilidad depende de planificación marina espacial, justicia energética, evaluación ambiental acumulativa y mecanismos financieros estables. Se concluye que esta tecnología puede fortalecer la seguridad energética latinoamericana si se integra a una transición ordenada, resiliente, asequible y ambientalmente responsable.

Palabras clave: energía eólica marina; seguridad energética; transición energética; gobernanza marina; América Latina.

Abstract

Latin America has a relatively renewable electricity matrix, yet it still faces vulnerabilities associated with droughts, hydropower dependence, transmission delays, fossil fuel price volatility, and unequal energy access. The objective of this study was to analyze the impacts and prospects for the expansion of offshore wind energy and its potential contribution to regional energy security. The methodology consisted of an exploratory bibliographic review based on scientific, technical, and institutional documents related to offshore wind potential, energy transition, socio-environmental impacts, governance, costs, and power system integration. The results showed considerable technical potential in countries such as Brazil, Colombia, Chile, Mexico, Argentina, and Uruguay, although this potential is conditioned by port infrastructure, transmission capacity, financing, regulation, water depth, and socio-territorial acceptance. The discussion suggests that offshore wind energy is not an automatic solution, but rather a strategic infrastructure whose feasibility depends on marine spatial planning, energy justice, cumulative environmental assessment, and stable financial mechanisms. It is concluded that this technology can strengthen Latin American energy security if integrated into an orderly, resilient, affordable, and environmentally responsible energy transition.

Keywords: offshore wind energy; energy security; energy transition; marine governance; Latin America.

1. Introducción

América Latina y el Caribe enfrenta una paradoja energética decisiva: posee una de las matrices eléctricas más renovables del mundo, pero su seguridad energética sigue expuesta a sequías, volatilidad de combustibles, rezagos de transmisión y desigualdades de acceso. En 2024, la región reunió cerca de 655,10 millones de habitantes, alcanzó 69% de generación eléctrica renovable y mantuvo una fuerte dependencia hidroeléctrica, con 44,74% de la generación, mientras la eólica aportó 11,60% y la solar 7,40%; sin embargo, 17 millones de personas aún carecían de acceso eléctrico, lo que vuelve insuficiente cualquier lectura puramente agregada de la transición (Organización Latinoamericana de Energía, 2025). En este contexto, la energía eólica marina debe analizarse no solo como tecnología de generación, sino como unidad estratégica de impacto sobre confiabilidad, asequibilidad, gobernanza costera y diversificación de la oferta eléctrica regional.

La expansión eólica marina emerge precisamente donde la transición energética exige fuentes renovables de gran escala, perfiles de generación más estables y proximidad relativa a centros de demanda costeros. A escala mundial, el recurso técnico marino supera los 71.000 GW, con más de 70% localizado en aguas profundas aptas para soluciones flotantes, mientras alrededor de una cuarta parte del potencial se ubica en países de ingresos bajos y medios (Energy Sector Management Assistance Program [ESMAP], 2025). La industria ya no es marginal: en 2024 se conectaron 8 GW nuevos, la capacidad acumulada llegó a 83,2 GW y la eólica marina representó 7,3% de la capacidad eólica global, con proyecciones de 441 GW hacia 2034 (GWEC, 2025). Esta trayectoria sitúa a América Latina ante una ventana de aprendizaje institucional que no puede reducirse a importar tecnología sin adaptar reglas, infraestructura y criterios socioambientales.

La oportunidad regional se concentra en países con costas extensas, demanda eléctrica creciente y capacidades industriales cercanas a puertos, aunque sus condiciones son heterogéneas. Brasil supera los 1.200 GW de potencial eólico marino, distribuidos en 480 GW de cimentación fija y 748 GW flotantes, y sus escenarios al 2050 oscilan entre 16 GW, 32 GW y 96 GW, este último asociado con hasta 516.000 empleos equivalentes de tiempo completo y USD 168.000 millones de valor agregado bruto nacional (ESMAP & World Bank, 2024). Colombia, por su parte, posee alrededor de 109–110 GW de potencial técnico en el Caribe, cerca de 50 GW en áreas explorables tras restricciones sociales, ambientales y técnicas, y factores netos de capacidad que se aproximan a 70% en zonas de La Guajira (The Renewables Consulting Group & ERM, 2022). Estos valores sugieren que la eólica marina puede reforzar la seguridad energética, pero solo si se gobierna como política territorial y no como simple cartera de proyectos.

La viabilidad económica de esta expansión depende de costos tecnológicos, financiamiento, transmisión, logística portuaria, regulación de áreas marítimas y certidumbre de ingresos. Entre 2010 y 2024, el costo nivelado global de la eólica

marina cayó 62%, hasta USD 0,079/kWh, y el costo instalado promedio descendió a USD 2.852/kW; aun así, en 2024 el LCOE aumentó 4% frente a 2023, recordando que la inflación, las tasas de interés, los riesgos cambiarios y la concentración de cadenas de suministro pueden revertir ventajas esperadas (International Renewable Energy Agency [IRENA], 2025a). Esta tensión es especialmente relevante para América Latina porque la banca de proyectos de infraestructura energética suele penalizar incertidumbres regulatorias y sociales, lo que puede encarecer capital aun cuando el recurso eólico sea excelente. Así, no abordar tempranamente permisos, redes, puertos y esquemas de subasta puede transformar un potencial abundante en capacidad bloqueada.

Las afectaciones asociadas tampoco son un asunto secundario, porque los parques eólicos marinos reordenan usos del mar, rutas de pesca, paisajes costeros, biodiversidad, empleo local y capacidades de fiscalización ambiental. La literatura muestra que los impactos ecológicos pueden ser negativos y positivos: una revisión sistemática identificó 867 hallazgos en 158 publicaciones, con 72% de impactos negativos y 13% positivos, destacando riesgos sobre aves, mamíferos marinos y estructura ecosistémica, pero también posibles efectos de arrecife artificial y refugio pesquero bajo ciertas condiciones (Galparsoro et al., 2022). Esta ambivalencia exige evaluaciones acumulativas, monitoreo de largo plazo y participación temprana de comunidades costeras, ya que una transición mal gestionada puede deteriorar confianza pública, retrasar inversiones y desplazar conflictos desde el sistema eléctrico hacia el espacio marítimo.

La evidencia disponible todavía presenta brechas que limitan su transferencia directa a América Latina. Buena parte de los estudios ecológicos se concentra en el mar del Norte, en aguas someras, cerca de la costa y con proyectos relativamente pequeños; en la misma revisión, 66% de las publicaciones correspondió al mar del Norte y 90% a profundidades menores de 30 m, lo que deja subrepresentadas especies tropicales, zonas de alta biodiversidad, pesquerías artesanales y escenarios flotantes de gran escala (Galparsoro et al., 2022). Además, las hojas de ruta regionales reconocen que sus escenarios no han sido probados mediante modelación energética profunda, lo que abre un vacío sobre relaciones entre eólica marina, hidrología, almacenamiento, respaldo térmico, precios mayoristas, transmisión y resiliencia climática (The Renewables Consulting Group & ERM, 2022). El problema científico, por tanto, no es confirmar que existe recurso, sino determinar bajo qué condiciones ese recurso mejora efectivamente la seguridad energética.

La conveniencia de este estudio reside en integrar variables que suelen analizarse por separado: potencial técnico, costos, impactos socioambientales, capacidades institucionales y seguridad energética. Su objetivo general es analizar los impactos y perspectivas de expansión de la energía eólica marina en América Latina y su contribución potencial a la seguridad energética regional; de manera específica, busca estimar el potencial técnico y económico disponible, describir los principales impactos sociales y ambientales, comparar escenarios de expansión en países líderes, relacionar la diversificación eólica marina con

indicadores de seguridad energética y determinar barreras regulatorias, financieras y de infraestructura que condicionan su despliegue (Cherp & Jewell, 2014; IRENA, 2025b). La viabilidad del análisis se sustenta en bases públicas de OLADE, IRENA, GWEC, ESMAP y hojas de ruta nacionales, con uso ético de información secundaria y tratamiento agregado de datos.

La contribución esperada consiste en desplazar la discusión desde una narrativa de “capacidad potencial” hacia una explicación integrada de impactos, condiciones de expansión y seguridad energética, entendida como baja vulnerabilidad de sistemas energéticos vitales y no solo como disponibilidad de megavatios (Cherp & Jewell, 2014). La originalidad del trabajo radica en conectar la eólica marina latinoamericana con la complementariedad renovable, la reducción de exposición hidroclimática, la asequibilidad de largo plazo y la aceptación socioambiental, dimensiones que la literatura aún aborda de forma fragmentada (Jurasz et al., 2020). Con ello, el artículo busca ofrecer criterios útiles para la academia, la planificación pública y la inversión privada, mostrando que la eólica marina puede fortalecer la seguridad energética regional únicamente cuando se articula con redes, gobernanza marina, financiamiento responsable y protección ecosistémica.

2. Materiales y Métodos

El estudio se desarrollará como una revisión bibliográfica exploratoria, orientada a examinar de manera amplia y crítica la producción académica, técnica e institucional sobre los impactos y las perspectivas de expansión de la energía eólica marina en relación con la seguridad energética en América Latina. Esta elección metodológica resulta pertinente porque el campo aún presenta un desarrollo desigual en la región, con avances normativos y prospectivos concentrados en pocos países, mientras que la evidencia empírica sobre impactos sociales, ambientales, económicos e institucionales permanece dispersa. En lugar de comprobar hipótesis causales cerradas, la revisión permitirá identificar tendencias, vacíos, convergencias y tensiones conceptuales en torno al despliegue de esta tecnología. De este modo, el abordaje exploratorio facilitará ordenar un cuerpo de literatura emergente y construir una base analítica útil para investigaciones posteriores de mayor alcance explicativo o comparativo. La unidad de análisis estará constituida por documentos científicos y técnicos relacionados con energía eólica marina, transición energética, seguridad energética, planificación eléctrica, impactos socioambientales y gobernanza de infraestructura renovable. Se considerarán artículos revisados por pares, libros académicos, capítulos especializados, reportes de organismos internacionales, hojas de ruta nacionales, documentos de política pública y estudios prospectivos publicados preferentemente entre 2010 y 2026, debido a que en ese periodo se intensificó la expansión global de la eólica marina y se consolidaron discusiones regionales sobre descarbonización eléctrica. No obstante, se podrán incorporar textos teóricos anteriores cuando sean necesarios para precisar conceptos estructurales, como seguridad energética, gobernanza energética o evaluación

de impactos. Esta amplitud documental es coherente con las revisiones exploratorias, cuyo propósito es mapear áreas de conocimiento antes que restringir prematuramente la evidencia disponible.

Para mejorar la recuperación de documentos relevantes, se emplearán combinaciones de descriptores en español e inglés, entre ellos: “energía eólica marina”, “offshore wind energy”, “seguridad energética”, “energy security”, “América Latina”, “Latin America”, “impactos socioambientales”, “environmental impacts”, “transición energética”, “renewable energy planning” y “offshore wind roadmap”. La estrategia combinará operadores booleanos, revisión de referencias cruzadas y búsqueda por cadenas de citación, con el fin de captar tanto literatura científica indexada como documentos técnicos de alta relevancia para la planificación energética regional.

Los criterios de inclusión contemplarán documentos que aborden de forma directa la energía eólica marina, sus impactos, barreras, oportunidades de expansión o relación con la seguridad energética, siempre que presenten información conceptual, metodológica, empírica, normativa o prospectiva aplicable al contexto latinoamericano o comparable con él. Se excluirán textos sin autoría identificable, documentos duplicados, notas periodísticas sin soporte técnico, publicaciones centradas exclusivamente en energía eólica terrestre y trabajos que no permitan verificar procedencia, fecha o institución responsable. Cuando un documento trate casos fuera de América Latina, solo será considerado si aporta categorías transferibles para analizar costos, gobernanza, impactos ecológicos, integración eléctrica o aceptación social de proyectos eólicos marinos. Esta depuración buscará equilibrar amplitud exploratoria con rigurosidad documental, evitando que la revisión se limite a una acumulación descriptiva de fuentes heterogéneas.

El procedimiento de análisis se organizará en tres momentos complementarios: identificación, selección y síntesis interpretativa. En la identificación se registrarán los documentos recuperados con datos básicos de autoría, año, tipo de fuente, país o región, objetivo, enfoque metodológico y principales hallazgos. En la selección se aplicarán los criterios de inclusión y exclusión mediante lectura de títulos, resúmenes y, posteriormente, texto completo. En la síntesis se construirá una matriz temática que agrupe la evidencia en dimensiones analíticas: potencial técnico y económico, impactos ambientales, efectos sociales y territoriales, barreras institucionales, condiciones financieras, integración al sistema eléctrico y contribución a la seguridad energética. Esta matriz permitirá comparar patrones entre países, reconocer inconsistencias en la literatura y establecer relaciones entre expansión tecnológica, resiliencia energética y gobernanza marina.

La información será tratada mediante análisis documental y síntesis narrativa, priorizando la identificación de argumentos, categorías, relaciones y vacíos antes que la estimación estadística de efectos agregados. Este enfoque resulta adecuado porque la evidencia regional sobre eólica marina aún combina estudios prospectivos, hojas de ruta, evaluaciones técnicas y literatura ambiental

con distintos niveles de madurez metodológica. Para fortalecer la consistencia del análisis, se contrastarán fuentes académicas con documentos institucionales y se diferenciarán los hallazgos empíricos de las proyecciones, escenarios o recomendaciones de política. Asimismo, se prestará atención a la coherencia entre los datos técnicos reportados, las condiciones regulatorias descritas y las implicaciones para seguridad energética, evitando extrapolaciones no justificadas entre países con capacidades portuarias, financieras y normativas distintas.

El estudio no involucrará participantes humanos, intervención directa en comunidades ni recolección de información sensible, por lo que sus consideraciones éticas se concentrarán en el uso responsable de fuentes secundarias. Se respetará la atribución de autoría, se evitará la manipulación selectiva de evidencias y se distinguirán con claridad los datos confirmados, las estimaciones prospectivas y las interpretaciones derivadas del análisis. También se procurará incluir literatura con diferentes perspectivas sobre la eólica marina, incorporando tanto sus beneficios potenciales para la diversificación energética como sus riesgos socioambientales y regulatorios. Esta precaución es relevante porque una revisión bibliográfica sobre tecnologías energéticas puede sesgarse hacia narrativas de oportunidad si no incorpora los conflictos territoriales, ecológicos y económicos asociados al despliegue de infraestructura a gran escala.

Con esta ruta metodológica, la revisión permitirá construir una lectura integrada de la energía eólica marina como opción de expansión renovable y como componente potencial de seguridad energética para América Latina. El resultado esperado no será una clasificación definitiva de países o proyectos, sino una sistematización crítica de evidencias que permita reconocer qué se sabe, qué permanece incierto y qué dimensiones requieren investigación empírica posterior. En particular, el análisis buscará establecer cómo se relacionan el potencial técnico, los costos, la infraestructura, la regulación, los impactos socioambientales y la resiliencia del sistema eléctrico. Esta orientación aporta utilidad académica al ordenar un campo emergente y utilidad práctica al ofrecer criterios para la toma de decisiones públicas y privadas en escenarios de transición energética acelerada.

3. Resultados

3.1. Impactos y perspectivas de expansión de la energía eólica marina en la seguridad energética latinoamericana

La revisión evidencia que la energía eólica marina constituye una frontera estratégica para América Latina, no únicamente por su capacidad de ampliar la oferta renovable, sino porque introduce una forma de diversificación eléctrica con implicaciones directas sobre resiliencia, soberanía energética, estabilidad de precios y planificación territorial costera. La seguridad energética, entendida como la baja vulnerabilidad de los sistemas energéticos vitales, exige evaluar simultáneamente disponibilidad, accesibilidad, asequibilidad, aceptabilidad

ambiental y gobernanza institucional; por ello, el despliegue eólico marino no debe interpretarse como una simple sustitución tecnológica, sino como una reorganización compleja de infraestructuras, mercados, ecosistemas y arreglos regulatorios (Cherp & Jewell, 2014; Sovacool, 2011). En este sentido, su pertinencia regional se intensifica porque América Latina mantiene una matriz eléctrica relativamente renovable, pero todavía vulnerable a sequías, dependencia hidroeléctrica, déficits de transmisión, brechas de acceso y volatilidad de combustibles fósiles importados (Organización Latinoamericana de Energía, 2025).

3.1.1. Potencial técnico y geográfico de la energía eólica marina en América Latina

El potencial técnico de la energía eólica marina en América Latina se inserta en una tendencia global de expansión de recursos renovables offshore, cuya magnitud todavía está lejos de ser aprovechada. El programa ESMAP del Banco Mundial estima que 115 países poseen recursos eólicos marinos técnicamente extraíbles por encima de 71.000 GW, de los cuales apenas unos 20.000 GW se ubican en aguas someras aptas para cimentaciones fijas, mientras la mayor proporción corresponde a aguas profundas que requerirían tecnología flotante (ESMAP, 2025). Este dato es crucial para América Latina porque gran parte de su frontera marítima combina plataformas continentales extensas en el Atlántico con zonas profundas en el Pacífico, lo que obliga a distinguir entre potencial fijo, potencial flotante y potencial efectivamente desarrollable (ESMAP, 2025).

La distribución territorial del recurso muestra una concentración sobresaliente en países con costas amplias, vientos persistentes y cercanía relativa a centros de demanda o infraestructura portuaria. Brasil dispone de 1.228 GW de potencial técnico, distribuidos en 480 GW para cimentaciones fijas y 748 GW para tecnología flotante; Argentina alcanza 1.870 GW, con 558 GW fijos y 1.312 GW flotantes; Chile registra 957 GW, de los cuales 826 GW son flotantes; México suma 869 GW, con 402 GW fijos y 467 GW flotantes; y Uruguay cuenta con 275 GW, repartidos entre 190 GW fijos y 85 GW flotantes (ESMAP, 2020a, 2020b, 2020c, 2020d, 2020e). Estos valores demuestran que la región no enfrenta una restricción primaria de recurso, sino una brecha de conversión entre dotación natural, madurez tecnológica, regulación, financiamiento y aceptación socioterritorial (ESMAP, 2025).

Brasil aparece como el caso con mayor madurez prospectiva, porque su recurso eólico marino es vigoroso, geográficamente diverso y cercano a grandes centros de demanda como Fortaleza, Río de Janeiro y Porto Alegre. El informe del Banco Mundial y DNV identifica tres macrozonas: Nordeste, Sudeste y Sur; el Nordeste posee 356 GW de potencial y condiciones de viento entre 7 y 10 m/s a 100 m, mientras el Sudeste concentra 660 GW, aunque con mayor sensibilidad ecológica por su superposición con áreas ecológica o biológicamente significativas (ESMAP & World Bank, 2024). De esta forma, el potencial brasileño no solo es volumétrico, sino también estratégico, ya que puede articular

generación eléctrica, puertos, industria offshore, hidrógeno verde y complementariedad hidroeléctrica (ESMAP & World Bank, 2024).

Colombia constituye un segundo caso de alta relevancia porque su recurso está concentrado en el Caribe, especialmente frente a La Guajira, donde los factores netos de capacidad estimados se aproximan al 70%, una cifra excepcional frente a mercados consolidados. La hoja de ruta colombiana estima alrededor de 109–110 GW de potencial técnico total, pero al incorporar restricciones ambientales, sociales y técnicas, las áreas explorables se reducen a cerca de 50 GW, con 27,2 GW de potencial fijo y 21,6 GW flotante (The Renewables Consulting Group & ERM, 2022). Esta diferencia entre potencial bruto y potencial exploratorio es metodológicamente relevante, porque demuestra que los resultados no deben leerse como capacidad instalable inmediata, sino como una frontera condicionada por conflictos de uso, transmisión, biodiversidad, navegación, pesca y consulta social (The Renewables Consulting Group & ERM, 2022).

En Chile, la predominancia del recurso flotante redefine el problema tecnológico y financiero, pues 826 de sus 957 GW estimados corresponden a aguas profundas, lo que implica mayores exigencias de ingeniería, anclaje, cableado dinámico, operación marítima y financiamiento de riesgo (ESMAP, 2020c). La literatura específica sobre Chile confirma que no existen parques eólicos marinos en operación y que la incertidumbre se asocia con costos iniciales, ausencia de un marco transministerial coordinado, duplicación de permisos y falta de incentivos para conexión a red (Mattar et al., 2021). Por tanto, el caso chileno ilustra una paradoja regional: los países pueden disponer de recursos de escala mundial, pero permanecer en fase precomercial si no reducen incertidumbres regulatorias, ambientales y económicas (Mattar et al., 2021).

3.1.2. Aporte de la eólica marina a la seguridad energética regional

El aporte de la eólica marina a la seguridad energética latinoamericana deriva, en primer lugar, de su capacidad para diversificar matrices eléctricas altamente condicionadas por la hidrología. América Latina generó aproximadamente 1.829 TWh de electricidad en 2024 y alcanzó 97,37% de cobertura eléctrica; no obstante, 17 millones de personas continuaban sin acceso a electricidad, lo que revela que la seguridad energética regional no puede medirse solo por generación agregada, sino también por continuidad, equidad territorial y capacidad de respuesta ante contingencias (Organización Latinoamericana de Energía, 2025). En ese marco, la eólica marina puede ampliar la disponibilidad renovable, reducir presión sobre embalses en años secos y disminuir la necesidad de generación térmica de respaldo cuando las sequías deterioran el aporte hidroeléctrico (Cherp & Jewell, 2014; Organización Latinoamericana de Energía, 2025).

La relación entre eólica marina y seguridad energética resulta especialmente sólida cuando se analiza desde la complementariedad temporal de recursos renovables. La literatura sobre complementariedad sostiene que la combinación de tecnologías con perfiles de generación no coincidentes puede reducir vulnerabilidades operativas, suavizar variabilidad y mejorar la adecuación entre

oferta y demanda (Jurasz et al., 2020). En Colombia, los estudios sobre complementariedad hidro-solar-eólica muestran que la dependencia hidroeléctrica, cercana a 65% de la demanda eléctrica en el sistema analizado, expone al país a sequías asociadas al fenómeno El Niño, mientras que el respaldo con gas o carbón durante esos episodios resulta costoso y contaminante (Parra et al., 2020). Desde esta perspectiva, la eólica marina no aporta seguridad por ser renovable en abstracto, sino porque puede funcionar como cobertura energética frente a variabilidad hidrológica (Parra et al., 2020).

Brasil ofrece una evidencia particularmente ilustrativa de esta función de cobertura. El informe de escenarios para Brasil sostiene que, aunque la hidroelectricidad ha satisfecho históricamente una proporción elevada de la demanda eléctrica, su contribución relativa podría disminuir hacia 2050 por limitaciones de expansión y aumento de demanda; además, la generación eólica marina simulada muestra patrones estacionales que pueden ser más fuertes cuando los niveles hidroeléctricos son bajos (ESMAP & World Bank, 2024). La idea de la eólica marina como “nueva hidro” no implica reemplazar embalses, sino incorporar una fuente renovable de gran escala, menos expuesta a sequías interanuales y capaz de actuar como amortiguador sistémico en años hidrológicamente adversos (ESMAP & World Bank, 2024).

El aporte a la seguridad energética también se expresa en la reducción de exposición a combustibles fósiles importados o volátiles, especialmente en sistemas donde la generación térmica define precios marginales en momentos de estrés. La eólica marina posee costos de combustible nulos, contratos de largo plazo y producción de alta escala, lo que puede contribuir a estabilizar expectativas de precio si los esquemas de subasta y remuneración asignan adecuadamente riesgos de construcción, inflación, tipo de cambio y disponibilidad (Jansen et al., 2022). Sin embargo, esta contribución no es automática: en mercados emergentes, la falta de certidumbre regulatoria o de red puede elevar el costo de capital y trasladar sobrecostos al usuario final, debilitando la dimensión de asequibilidad de la seguridad energética (Jansen et al., 2020; Jansen et al., 2022).

3.1.3. Impactos económicos y financieros del despliegue eólico marino

Los impactos económicos de la energía eólica marina deben analizarse en dos planos: el costo de generación y el efecto estructural sobre cadenas productivas, puertos, empleo, innovación y servicios especializados. En términos globales, la industria alcanzó 83,2 GW de capacidad eólica marina acumulada en 2024, con 8 GW nuevos conectados ese año, lo que confirma una expansión sustancial, aunque todavía concentrada en Asia y Europa (GWEC, 2025). Este crecimiento demuestra que la tecnología dejó de ser experimental; no obstante, para América Latina seguirá siendo una industria de entrada tardía, intensiva en capital y dependiente de aprendizaje institucional, logística portuaria y marcos de contratación bancables (GWEC, 2025; Jansen et al., 2022).

La dinámica de costos muestra avances notables, pero no elimina las barreras financieras iniciales. IRENA estima que en 2024 el costo instalado promedio de la eólica marina fue de USD 2.852/kW y que el costo nivelado global alcanzó USD 0,079/kWh, después de una reducción acumulada de largo plazo, aunque con un incremento de 4% frente a 2023 (IRENA, 2025). Esta inflexión es relevante porque desmiente una lectura lineal del aprendizaje tecnológico: los costos pueden bajar por escala, turbinas más grandes y mejores prácticas constructivas, pero también pueden subir por inflación, cuellos de botella de suministro, tasas de interés, disponibilidad de buques, primas de riesgo país y complejidad de conexión (IRENA, 2025; Jansen et al., 2020).

Brasil revela la magnitud del impacto económico potencial si la industria se desarrolla con escala suficiente. En el escenario ambicioso del Banco Mundial, el país podría alcanzar 96 GW de eólica marina al 2050, equivalente a 19% de su suministro eléctrico, con una inversión acumulada de USD 240.000 millones, USD 168.000 millones de valor agregado bruto nacional y hasta 516.000 empleos equivalentes de tiempo completo por año en el escenario de alto contenido local (ESMAP & World Bank, 2024). Estos valores sugieren que la energía eólica marina puede operar como política industrial, pero solo si el despliegue supera proyectos aislados y construye continuidad de demanda para justificar manufactura, capacitación, astilleros, puertos, cables, servicios de operación y mantenimiento (ESMAP & World Bank, 2024).

El potencial económico, sin embargo, contiene un dilema distributivo. Si la región prioriza contenido local demasiado pronto, puede encarecer los primeros proyectos por falta de escala y experiencia; pero si depende completamente de importaciones, puede perder valor agregado, empleo y capacidades tecnológicas. La literatura sobre subastas offshore muestra que los mercados maduros han reducido precios mediante competencia, estabilización de ingresos y aprendizaje acumulado, pero también advierte que los diseños son heterogéneos y que incluso los sistemas más competitivos emplean mecanismos de estabilización, como contratos por diferencia, tarifas reguladas, acuerdos de compra de energía o certificados renovables (Jansen et al., 2022). Para América Latina, el desafío consiste en diseñar subastas graduales que reduzcan riesgo financiero sin socializar ineficiencias ni bloquear el aprendizaje industrial (Jansen et al., 2022).

Desde una perspectiva macroeconómica, la eólica marina también puede vincularse con hidrógeno verde, electrificación industrial y exportaciones energéticas de bajo carbono. Brasil identifica la posibilidad de abastecer hubs de hidrógeno en puertos como Pecém y Açú, y el informe del Banco Mundial estima que, si el país quisiera cubrir 5% de la demanda global de hidrógeno verde hacia 2050, requeriría cerca de 100 GW de nuevas renovables, donde la eólica marina podría desempeñar un papel relevante por su escala y proximidad a infraestructura portuaria (ESMAP & World Bank, 2024). Esta articulación puede fortalecer seguridad energética e industrialización verde, aunque también

incrementa la competencia por agua, suelo portuario, redes y legitimidad territorial si no se planifica de manera integrada (ESMAP & World Bank, 2024).

3.1.4. Impactos ambientales y socioterritoriales asociados a los proyectos marinos

Los impactos ambientales de la eólica marina son complejos porque combinan beneficios climáticos sistémicos con presiones locales sobre ecosistemas marinos. Una revisión de Galparsoro et al. (2022), basada en 158 publicaciones y 867 hallazgos científicos, concluye que los impactos negativos se reportan con mayor frecuencia, especialmente en aves, mamíferos marinos y estructura ecosistémica, aunque también existen efectos positivos asociados con arrecifes artificiales, refugios de pesca y colonización de estructuras por macroinvertebrados y peces. Esta ambivalencia exige abandonar tanto la narrativa de “impacto cero” como la oposición absoluta, sustituyéndolas por evaluación ambiental estratégica, líneas base robustas, monitoreo adaptativo y gestión acumulativa de impactos (Galparsoro et al., 2022).

Durante la construcción, los principales riesgos se relacionan con ruido submarino, hincado de pilotes, remoción de sedimentos, tráfico de embarcaciones, interferencia con rutas migratorias y perturbación de hábitats bentónicos. En la operación, los impactos se desplazan hacia colisión o desplazamiento de aves, cambios en comportamiento de mamíferos marinos, campos electromagnéticos de cables submarinos, restricciones espaciales y modificación de comunidades asociadas a cimentaciones (Galparsoro et al., 2022). Para América Latina, estas presiones deben leerse con prudencia porque gran parte de la evidencia procede del mar del Norte y otros entornos templados, mientras que las costas caribeñas, tropicales y pacíficas presentan biodiversidad, pesquerías y condiciones oceanográficas diferentes (Galparsoro et al., 2022).

La dimensión socioterritorial es igualmente decisiva, ya que los parques eólicos marinos no ocupan un espacio vacío, sino áreas donde convergen pesca artesanal e industrial, transporte marítimo, turismo, conservación, cultura costera, defensa, hidrocarburos, cables submarinos y potenciales corredores de transmisión. En Colombia, la hoja de ruta identifica restricciones asociadas a impacto visual sobre comunidades indígenas, biodiversidad, conservación, tráfico marítimo y necesidad de evitar zonas con conflictos preexistentes; además, ubica el mayor potencial en La Guajira, un territorio históricamente atravesado por tensiones entre recursos energéticos, comunidades étnicas, infraestructura y desigualdad (The Renewables Consulting Group & ERM, 2022). Por ello, la seguridad energética debe dialogar con justicia energética y gobernanza territorial, no limitarse a indicadores de capacidad instalada (Sovacool et al., 2013; The Renewables Consulting Group & ERM, 2022).

El conflicto con la pesca aparece como una de las tensiones más sensibles, porque la ocupación del espacio marino puede restringir caladeros, alterar rutas, modificar percepciones de riesgo y redistribuir beneficios de forma desigual. La literatura sobre interacción entre parques eólicos marinos y pesquerías advierte

que las tensiones recurrentes se vinculan con exclusión espacial directa, incertidumbre sobre efectos en poblaciones de peces y ausencia de mecanismos claros de compensación o coexistencia (Dupont et al., 2020). En América Latina, donde muchas comunidades costeras dependen de pesca artesanal con alta informalidad y menor capacidad de negociación, la planificación marina espacial debe incorporar conocimiento local, cartografía participativa, acuerdos de coexistencia y compensaciones verificables (Dupont et al., 2020; Sovacool et al., 2013).

La evaluación ambiental también debe incorporar impactos acumulativos y no solo efectos proyecto por proyecto. Si varios parques, líneas de transmisión, puertos, zonas de hidrógeno y corredores marítimos se concentran en la misma región costera, los efectos agregados pueden superar lo que una evaluación individual anticipa (Galparsoro et al., 2022). En Brasil, por ejemplo, el Sudeste presenta un potencial elevado, pero el informe advierte que buena parte de esa zona coincide con áreas ecológica o biológicamente significativas, lo que exige mitigación, zonificación cuidadosa y exclusión de áreas sensibles antes de adjudicar proyectos (ESMAP & World Bank, 2024). Así, la sostenibilidad no dependerá únicamente de tecnología limpia, sino de la calidad de la decisión espacial previa (ESMAP & World Bank, 2024; Galparsoro et al., 2022).

3.1.5. Barreras institucionales, regulatorias e infraestructurales para la expansión

Las principales barreras para la expansión latinoamericana no se explican por falta de viento, sino por debilidades de gobernanza, transmisión, permisos, bancabilidad y coordinación intersectorial. La experiencia internacional muestra que la eólica marina se expande mediante marcos públicos fuertes: planificación de áreas, estudios de recurso, permisos ambientales, subastas, conexión a red, reglas de ingresos y distribución clara de riesgos entre Estado, desarrolladores, consumidores y operadores de sistema (Jansen et al., 2022). América Latina aún se encuentra en una etapa temprana, por lo que requiere construir instituciones antes de pretender ritmos de despliegue semejantes a Europa o China (Jansen et al., 2022).

La transmisión es posiblemente la restricción infraestructural más crítica. En Colombia, la hoja de ruta indica que existe capacidad muy limitada para conectar proyectos comerciales en la Costa Caribe, precisamente donde se encuentra el mayor recurso, y que la construcción de nuevas líneas de alta tensión será necesaria para desbloquear la zona oriental de La Guajira (The Renewables Consulting Group & ERM, 2022). Este problema revela que la energía eólica marina no puede planificarse solo desde el mar: requiere corredores terrestres, servidumbres, subestaciones, aceptación comunitaria, coordinación con renovables terrestres y anticipación de congestiones (The Renewables Consulting Group & ERM, 2022). Sin red, incluso el recurso con factores de capacidad cercanos a 70% permanece como potencial no materializado (The Renewables Consulting Group & ERM, 2022).

Brasil ha dado un paso institucional relevante con la Ley n.º 15.097/2025, que entró en vigor el 10 de enero de 2025 y creó un marco para asignar derechos de uso de áreas federales offshore mediante dos rutas: oferta permanente por autorización y oferta planificada por concesión competitiva; además, integró formalmente la generación offshore en la planificación de transmisión y subastas de conexión a la red nacional (UNCTAD, 2025). Este avance reduce incertidumbre jurídica, pero no resuelve por sí mismo los desafíos de permisos ambientales, consulta social, coordinación marítima, puertos, fiscalización y definición de responsabilidades por infraestructura compartida (UNCTAD, 2025; ESMAP & World Bank, 2024).

Colombia, por su parte, avanza mediante una primera ronda de asignación de áreas offshore. La convocatoria atrajo interés internacional para 69 áreas marítimas y contempla proyectos con capacidad mínima de 200 MW, con una meta gubernamental de adjudicar al menos 1 GW y una aspiración más amplia de alcanzar 7 GW hacia 2040 (Reuters, 2025). Este hito muestra señales de confianza del mercado, pero también tensiona la capacidad administrativa del Estado para evaluar propuestas, asegurar participación social, coordinar permisos y garantizar que la adjudicación de áreas no anteceda irresponsablemente a estudios ambientales y de transmisión (Reuters, 2025; The Renewables Consulting Group & ERM, 2022).

En Chile, la barrera regulatoria se manifiesta como fragmentación institucional. El estudio de Mattar et al. (2021) muestra que un proyecto offshore debe relacionarse con los ministerios de Energía, Defensa, Economía y Medio Ambiente, además de procesos separados de concesión marítima y resolución ambiental, cuya falta de coordinación aumenta el riesgo de inversión. Esta arquitectura puede ser funcional para controlar impactos, pero se vuelve disuasiva cuando genera duplicidad, incertidumbre temporal y ausencia de ventanilla coordinada (Mattar et al., 2021). En consecuencia, la expansión sostenible requiere simplificación procedimental sin debilitamiento ambiental, es decir, coordinación administrativa con estándares exigentes y trazables (Mattar et al., 2021).

3.1.6. Perspectivas de expansión y condiciones necesarias para una implementación sostenible

Las perspectivas de expansión son favorables, aunque selectivas y condicionadas. La eólica marina latinoamericana probablemente no se desplegará de manera homogénea en toda la región, sino mediante corredores donde coincidan recurso de alta calidad, menor conflictividad espacial, puertos adaptables, demanda eléctrica cercana, posibilidad de conexión, estabilidad contractual y capacidad estatal para tramitar permisos complejos (ESMAP, 2025; GWEC, 2025). Brasil y Colombia aparecen como mercados pioneros por la combinación de potencial, avance regulatorio e interés empresarial, mientras Chile, México, Argentina y Uruguay poseen recursos significativos que podrían activarse con hojas de ruta, instrumentos de mercado y planificación marítima más específica (ESMAP, 2020a, 2020b, 2020c, 2020d, 2020e).

La primera condición para una implementación sostenible es adoptar planificación marina espacial antes de adjudicar masivamente áreas. Esto implica cruzar mapas de viento, batimetría, biodiversidad, pesca, navegación, defensa, turismo, cables, puertos, comunidades costeras y áreas protegidas para determinar zonas preferentes, zonas condicionadas y zonas excluidas (Galparsoro et al., 2022; The Renewables Consulting Group & ERM, 2022). La experiencia internacional indica que la energía eólica marina requiere legitimidad espacial: cuando la selección de áreas se percibe como tecnocrática o unilateral, los conflictos emergen tarde, encarecen proyectos y deterioran la confianza pública (Dupont et al., 2020; Sovacool et al., 2013).

La segunda condición es diseñar mecanismos financieros que reconozcan la inmadurez regional sin crear rentas excesivas. Los primeros proyectos necesitarán contratos de largo plazo, estabilidad de ingresos, reglas claras de indexación, garantías de conexión, asignación transparente de riesgos y participación de banca multilateral para reducir costo de capital (Jansen et al., 2022). No obstante, esos incentivos deben estar condicionados a desempeño, cumplimiento ambiental, aportes locales y construcción de capacidades; de lo contrario, el apoyo público podría convertirse en subsidio regresivo a proyectos de baja integración territorial (Jansen et al., 2022; IRENA, 2025).

La tercera condición es anticipar infraestructura habilitante. La eólica marina no se instala solo con turbinas: requiere puertos con calado y áreas de ensamblaje, buques especializados, grúas, cadenas de suministro de acero, cables, subestaciones offshore, astilleros, centros de operación y mantenimiento, formación técnica y redes de evacuación (ESMAP & World Bank, 2024). Brasil cuenta con ventajas relativas por su trayectoria petrolera offshore y su industria eólica terrestre, pero incluso allí el escenario ambicioso exigiría un ritmo de instalación de 5,3 GW por año, superior al de casi todos los mercados excepto China, lo que muestra la enorme exigencia logística de una expansión acelerada (ESMAP & World Bank, 2024).

La cuarta condición es integrar la eólica marina con estrategias de seguridad energética y no solo con metas climáticas. En términos prácticos, ello supone modelar escenarios que relacionen offshore wind con hidrología, almacenamiento, redes, electrificación, precios mayoristas, respaldo térmico, demanda industrial e interconexiones regionales (Jurasz et al., 2020; Parra et al., 2020). Tanto el informe brasileño como la hoja de ruta colombiana reconocen que varios escenarios son prospectivos y requieren modelación energética adicional; por tanto, la toma de decisiones no debería descansar únicamente en mapas de recurso, sino en simulaciones de sistema que midan valor de capacidad, congestión, costos de integración y reducción de vulnerabilidad hidrológica (ESMAP & World Bank, 2024; The Renewables Consulting Group & ERM, 2022).

La quinta condición es incorporar justicia energética como criterio de sostenibilidad. Los beneficios de la eólica marina —empleo, ingresos fiscales, electricidad renovable, hidrógeno verde o infraestructura portuaria— deben

distribuirse de modo verificable entre territorios costeros, trabajadores locales, comunidades pesqueras y grupos históricamente afectados por proyectos extractivos (Sovacool et al., 2013). En zonas como La Guajira, donde coexisten recursos energéticos excepcionales y desigualdades persistentes, la expansión offshore será políticamente viable solo si la participación comunitaria no se reduce a consulta formal, sino que incide en localización, compensaciones, monitoreo, empleo y protección de medios de vida (The Renewables Consulting Group & ERM, 2022; Sovacool et al., 2013).

En síntesis, la revisión permite sostener que la energía eólica marina puede fortalecer la seguridad energética latinoamericana si se despliega como arquitectura de transición y no como cartera fragmentada de megaproyectos. Su contribución potencial radica en diversificar matrices eléctricas, reducir vulnerabilidad hidrolimática, movilizar inversión, crear capacidades industriales y acercar generación renovable a centros costeros de demanda; sin embargo, sus beneficios pueden diluirse si persisten redes insuficientes, permisos inciertos, costos de capital elevados, planificación marina débil y conflictos con comunidades costeras (Cherp & Jewell, 2014; Galparsoro et al., 2022; Jansen et al., 2022). La perspectiva más robusta para América Latina no consiste en acelerar cualquier proyecto offshore, sino en construir condiciones institucionales, socioambientales y financieras que conviertan el recurso marino en seguridad energética justa, asequible y resiliente (Organización Latinoamericana de Energía, 2025; Sovacool, 2011).

4. Discusión

La discusión derivada de esta revisión permite sostener que la energía eólica marina representa una oportunidad estratégica para América Latina, pero no una solución automática a los problemas de seguridad energética de la región. Su valor no reside únicamente en añadir capacidad renovable, sino en ampliar la resiliencia de sistemas eléctricos expuestos a sequías, congestión de redes, dependencia hidroeléctrica y volatilidad de combustibles fósiles. En términos conceptuales, este resultado coincide con la noción contemporánea de seguridad energética como baja vulnerabilidad de sistemas energéticos vitales, más que como simple disponibilidad física de energía (Cherp & Jewell, 2014; Sovacool, 2011). Por ello, la eólica marina debe discutirse como infraestructura sistémica, no como tecnología aislada.

La paradoja latinoamericana es que la región exhibe una matriz eléctrica comparativamente renovable, pero conserva vulnerabilidades estructurales que la expansión offshore podría atenuar si se planifica con rigor. OLADE reporta que, en 2024, las fuentes renovables representaron 69% de la generación eléctrica regional, con una participación hidroeléctrica de 44,74%, eólica de 11,60% y solar de 7,40%; al mismo tiempo, la cobertura eléctrica alcanzó 97,37%, pero aún persistieron 17 millones de personas sin acceso a electricidad (Organización Latinoamericana de Energía, 2025). Esta combinación revela que la transición energética latinoamericana no puede limitarse a elevar porcentajes

renovables, sino que debe mejorar continuidad, accesibilidad, asequibilidad y equidad territorial del suministro.

El potencial técnico identificado confirma que América Latina dispone de una base natural excepcional, aunque distribuida de forma desigual y condicionada por restricciones tecnológicas. Brasil posee más de 1.200 GW de potencial eólico marino, con 480 GW asociados a cimentaciones fijas y 748 GW a soluciones flotantes, mientras Colombia dispone de 109 GW de potencial técnico en el Caribe, que se reduce a cerca de 50 GW al considerar restricciones ambientales, sociales y técnicas (ESMAP & World Bank, 2024; The Renewables Consulting Group & ERM, 2022). Esta diferencia entre potencial bruto, potencial técnico y potencial efectivamente desarrollable es crucial, porque evita sobredimensionar las expectativas y obliga a incorporar criterios de batimetría, distancia a costa, biodiversidad, pesca, transmisión y conflictividad social.

Los casos de Brasil y Colombia muestran que la eólica marina puede adquirir funciones diferenciadas según la estructura energética nacional. En Brasil, el escenario ambicioso al 2050 contempla 96 GW instalados, una contribución cercana a una quinta parte del suministro eléctrico, USD 240.000 millones de inversión acumulada, USD 168.000 millones de valor agregado bruto y hasta 516.000 empleos equivalentes de tiempo completo por año, lo que posiciona la eólica marina como política energética, climática e industrial (ESMAP & World Bank, 2024). En Colombia, los factores netos de capacidad cercanos a 70% en el oriente de La Guajira sugieren un recurso de calidad mundial, aunque condicionado por transmisión, gobernanza territorial y sensibilidad sociocultural (The Renewables Consulting Group & ERM, 2022).

Desde la perspectiva de seguridad energética, el principal aporte de la eólica marina se encuentra en su capacidad para diversificar el portafolio renovable y reducir la exposición hidrolimática. La literatura sobre complementariedad renovable demuestra que la combinación de fuentes con perfiles temporales diferentes puede suavizar la variabilidad, disminuir déficits de generación y mejorar la adecuación entre oferta y demanda (Jurasz et al., 2020). En América Latina, donde la hidroelectricidad sigue siendo dominante, esta complementariedad resulta especialmente relevante: la eólica marina puede operar como fuente de respaldo renovable en periodos secos, siempre que se articule con redes robustas, almacenamiento, gestión de demanda y planificación regional (Cherp & Jewell, 2014; Jurasz et al., 2020).

No obstante, la contribución económica debe interpretarse con prudencia, porque los beneficios proyectados dependen de escalas de despliegue, certidumbre regulatoria y reducción del costo de capital. La industria global alcanzó 83,2 GW de capacidad eólica marina acumulada al cierre de 2024, tras conectar 8 GW nuevos ese año, lo cual evidencia madurez tecnológica, pero también una concentración del aprendizaje en mercados asiáticos y europeos (GWEC, 2025). A su vez, IRENA estimó que el costo instalado promedio de la eólica marina llegó a USD 2.852/kW en 2024 y que el costo nivelado global fue de USD 0,079/kWh, aunque aumentó 4% frente a 2023, señal de que inflación,

tasas de interés, cadenas de suministro y riesgos de construcción pueden alterar la trayectoria descendente de costos (IRENA, 2025).

La discusión financiera confirma que los primeros proyectos latinoamericanos enfrentarán una tensión entre aprendizaje tecnológico y bancabilidad. En mercados maduros, las subastas offshore han reducido precios mediante competencia, estandarización contractual y esquemas de estabilización de ingresos; sin embargo, Jansen et al. (2022) muestran que incluso en jurisdicciones consolidadas los diseños de subasta son heterogéneos y suelen incluir mecanismos como contratos por diferencia, tarifas reguladas, acuerdos de compra de energía o certificados renovables. Por ello, América Latina no debería reproducir mecánicamente modelos europeos o asiáticos, sino diseñar instrumentos graduales que distribuyan riesgos de forma creíble entre Estado, desarrolladores, consumidores, operadores de red y banca multilateral (Jansen et al., 2022).

Los impactos ambientales obligan a matizar cualquier lectura triunfalista de la eólica marina como energía “limpia” sin externalidades. La revisión de Galparsoro et al. (2022), basada en 158 publicaciones y 867 hallazgos, indica que los parques eólicos marinos pueden generar efectos negativos sobre aves, mamíferos marinos, hábitats bentónicos y estructura ecosistémica, aunque también pueden producir efectos positivos localizados vinculados con arrecifes artificiales o refugios para ciertas especies. Esta ambivalencia implica que la sostenibilidad no depende solo de sustituir combustibles fósiles, sino de implementar evaluación ambiental estratégica, monitoreo adaptativo, análisis de impactos acumulativos y zonificación marina previa a la adjudicación de áreas (Galparsoro et al., 2022).

La dimensión socioterritorial es probablemente el eje más sensible de la expansión offshore en América Latina, porque los espacios marinos no son vacíos técnicos, sino territorios de pesca, navegación, turismo, conservación, identidad cultural y economías costeras. En Colombia, la hoja de ruta identifica restricciones relacionadas con biodiversidad, áreas protegidas, tráfico marítimo, pesca y comunidades indígenas, lo que confirma que la legitimidad social será tan determinante como la calidad del recurso eólico (The Renewables Consulting Group & ERM, 2022). En consecuencia, la seguridad energética debe dialogar con la justicia energética: un proyecto puede aumentar generación renovable y, al mismo tiempo, profundizar desigualdades si desplaza medios de vida, concentra beneficios o reduce la participación comunitaria a procedimientos meramente formales (Sovacool, 2011; The Renewables Consulting Group & ERM, 2022).

Las barreras institucionales e infraestructurales explican por qué el potencial técnico no se transforma de inmediato en capacidad instalada. La hoja de ruta colombiana reconoce que los escenarios de despliegue no han sido probados mediante modelación energética profunda y que la conexión a transmisión será un factor crítico para materializar proyectos en el Caribe, especialmente en La Guajira (The Renewables Consulting Group & ERM, 2022). En Brasil, el informe

del Banco Mundial advierte que los primeros proyectos tendrán costos iniciales altos, requerirán financiamiento concesional y demandarán fuertes mejoras en infraestructura portuaria, manufactura, transmisión y capacidades nacionales (ESMAP & World Bank, 2024). Por tanto, el cuello de botella no es el viento, sino la arquitectura institucional que debe convertir recurso natural en energía segura, asequible y socialmente aceptada.

Los hallazgos también sugieren que la expansión regional será selectiva, no homogénea. Brasil y Colombia aparecen como laboratorios tempranos por la combinación de recurso, hojas de ruta, interés empresarial e incipiente desarrollo regulatorio; en cambio, países como Chile, Argentina, México y Uruguay poseen potencial relevante, pero requieren mayor articulación entre regulación marítima, planeación eléctrica, permisos ambientales y señales de mercado. En Chile, por ejemplo, Mattar et al. (2021) destacan que la ausencia de parques offshore se explica por costos iniciales, incertidumbre regulatoria, periodos de retorno y fragmentación institucional, lo que evidencia que el potencial físico no basta para inducir inversión. Esta lectura refuerza la necesidad de políticas públicas diferenciadas según madurez tecnológica, profundidad marina, capacidad portuaria y estructura de demanda (Mattar et al., 2021).

En términos académicos, la revisión aporta una lectura integradora al vincular potencial técnico, seguridad energética, economía política, impactos socioambientales y gobernanza marina. Buena parte de la literatura tiende a estudiar por separado los mapas de recurso, los costos, los efectos ecológicos o los marcos regulatorios; sin embargo, los resultados aquí discutidos muestran que la eólica marina solo mejora la seguridad energética cuando esas dimensiones se coordinan en una misma estrategia. La contribución conceptual consiste en desplazar el debate desde la pregunta “cuánta energía podría generarse” hacia la pregunta “bajo qué condiciones esa energía reduce vulnerabilidades sistémicas sin producir nuevas injusticias territoriales” (Cherp & Jewell, 2014; Galparsoro et al., 2022; Jansen et al., 2022).

Las limitaciones de esta revisión también deben reconocerse, porque el campo latinoamericano aún depende de fuentes prospectivas, hojas de ruta nacionales y escenarios no siempre validados con modelación eléctrica profunda. Esto restringe la posibilidad de establecer efectos causales o comparar con precisión costos de integración entre países. Además, la evidencia ambiental procede mayoritariamente de Europa y del mar del Norte, por lo que su transferencia a ecosistemas tropicales, caribeños o pacíficos debe realizarse con cautela (Galparsoro et al., 2022). En consecuencia, futuras investigaciones deberían incorporar modelación de sistemas eléctricos, análisis de costo-beneficio territorial, estudios de aceptación social, evaluación de impactos acumulativos y escenarios de transmisión para determinar con mayor precisión el valor de capacidad y resiliencia de la eólica marina en América Latina (Jurasz et al., 2020; The Renewables Consulting Group & ERM, 2022).

En conjunto, la discusión permite afirmar que la energía eólica marina puede convertirse en una pieza relevante de la seguridad energética latinoamericana si

se despliega bajo criterios de planificación anticipada, justicia territorial, financiamiento responsable y gobernanza oceánica. Su promesa no reside únicamente en los gigavatios potenciales, sino en la posibilidad de reducir vulnerabilidades hidroclimáticas, diversificar matrices, dinamizar cadenas productivas y acelerar la descarbonización eléctrica. Sin embargo, esos beneficios dependerán de evitar una expansión improvisada, excesivamente tecnocrática o socialmente desanclada; la originalidad del enfoque propuesto radica justamente en comprender la eólica marina como una infraestructura de transición cuya legitimidad se construye en la intersección entre recurso, red, mercado, ecosistema y territorio (Organización Latinoamericana de Energía, 2025; Sovacool, 2011; ESMAP & World Bank, 2024).

5. Conclusiones

La energía eólica marina se perfila como una alternativa estratégica para fortalecer la seguridad energética latinoamericana, siempre que su expansión sea concebida como parte de una arquitectura integral de transición y no como una simple incorporación tecnológica. Su mayor aporte potencial radica en diversificar matrices eléctricas todavía vulnerables a la variabilidad hidroclimática, reducir la exposición a combustibles fósiles de respaldo y ampliar la disponibilidad de generación renovable de gran escala en zonas costeras con alta demanda energética.

El análisis desarrollado permite concluir que América Latina dispone de un potencial técnico y geográfico considerable, especialmente en países como Brasil, Colombia, Chile, México, Argentina y Uruguay; no obstante, dicho potencial no debe confundirse con capacidad inmediatamente instalable. La conversión del recurso eólico marino en proyectos viables depende de condiciones críticas como profundidad marina, distancia a costa, capacidad portuaria, disponibilidad de transmisión, regulación estable, financiamiento competitivo y compatibilidad con usos sociales y ecológicos del espacio marítimo.

Desde una perspectiva económica, la eólica marina puede estimular inversión, empleo especializado, innovación logística, desarrollo portuario y cadenas productivas asociadas a manufactura, operación y mantenimiento. Sin embargo, sus beneficios dependerán de que los primeros proyectos sean estructurados con esquemas financieros sólidos, distribución equilibrada de riesgos y señales de largo plazo que reduzcan el costo de capital, ya que los mercados latinoamericanos aún enfrentan mayores incertidumbres regulatorias, cambiarias e infraestructurales que los países con industrias offshore consolidadas.

En términos ambientales y socioterritoriales, la expansión eólica marina exige una planificación particularmente rigurosa, porque sus impactos no se limitan al ámbito eléctrico. La instalación de parques marinos puede modificar hábitats, rutas de aves, dinámicas pesqueras, paisajes costeros, actividades portuarias y formas tradicionales de uso del mar; por ello, la sostenibilidad del despliegue

dependerá de evaluaciones ambientales estratégicas, monitoreo acumulativo, participación temprana de comunidades costeras y mecanismos efectivos de compensación y coexistencia.

La principal barrera identificada no es la escasez de recurso, sino la insuficiente madurez institucional para transformar el potencial técnico en seguridad energética efectiva. La región requiere marcos regulatorios específicos, coordinación entre autoridades marítimas, energéticas y ambientales, planificación anticipada de redes de transmisión, fortalecimiento de puertos, generación de información pública sobre recurso y biodiversidad, y procedimientos transparentes para la adjudicación de áreas. Sin estas condiciones, la eólica marina podría convertirse en una promesa diferida o en una fuente de nuevos conflictos territoriales.

Referencias Bibliográficas

- Alvarez-Villagómez, J. V., & Concha-Ramírez, J. A. (2025). Incidencia de la crisis energética en los costos de producción en empresas manufactureras. *Revista Científica Zambos*, 4(1), 226-248. <https://doi.org/10.69484/rcz/v4/n1/88>
- Barahona-Carranza, E. J. (2026). Evaluación posocupacional integrada con sensores mejora bienestar y eficiencia energética residencial. *Revista Científica Ciencia Y Método*, 4(1), 77-90. <https://doi.org/10.55813/gaea/rcym/v4/n1/133>
- Cherp, A., & Jewell, J. (2014). The concept of energy security: Beyond the four As. *Energy Policy*, 75, 415–421. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.09.005>
- Dupont, C., Gourvenec, K., Pirlet, H., Verleye, T., Debergh, H., & Lescrauwaet, A. K. (2020). *Recommendations for positive interactions between offshore wind farms and fisheries*. European MSP Platform. https://maritime-spatial-planning.ec.europa.eu/sites/default/files/recommendations_for_positive_interactions_between_offshore_wind_farms_and_fisheries.pdf.pdf
- Energy Sector Management Assistance Program, & World Bank. (2024). *Offshore Wind Development Program: Scenarios for Offshore Wind Development in Brazil*. World Bank Group. <http://documents.worldbank.org/curated/en/099071824152541731/P1790301a6fb9702119dfe173210dbb9b56>
- Energy Sector Management Assistance Program, & World Bank. (2024). *Scenarios for offshore wind development in Brazil*. World Bank Group. https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/sntep/dte/cgebc/qt-eolicas-offshore-1/agenda/arquivos/cenarios-para-o-desenvolvimento-de-eolica-offshore-no-brasil/executive-summary-scenarios-for-offshore-wind-development-in-brazil_final.pdf
- Energy Sector Management Assistance Program. (2019). *Going global: Expanding offshore wind to emerging markets*. World Bank Group. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/716891572457609829/pdf/Going-Global-Expanding-Offshore-Wind-To-Emerging-Markets.pdf>
- Energy Sector Management Assistance Program. (2020a). *Technical potential for offshore wind in Argentina map*. World Bank Group.

- <https://documents.worldbank.org/curated/en/915471586846204810/pdf/Technical-Potential-for-Offshore-Wind-in-Argentina-Map.pdf>
- Energy Sector Management Assistance Program. (2020b). *Technical potential for offshore wind in Brazil map*. World Bank Group. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/902341586847107376/pdf/Technical-Potential-for-Offshore-Wind-in-Brazil-Map.pdf>
- Energy Sector Management Assistance Program. (2020c). *Technical potential for offshore wind in Chile map*. World Bank Group. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/954421586853016235/pdf/Technical-Potential-for-Offshore-Wind-in-Chile-Map.pdf>
- Energy Sector Management Assistance Program. (2020d). *Technical potential for offshore wind in Mexico map*. World Bank Group. <https://documents.worldbank.org/curated/en/540571586840981675/pdf/Technical-Potential-for-Offshore-Wind-in-Mexico-Map.pdf>
- Energy Sector Management Assistance Program. (2020e). *Technical potential for offshore wind in Uruguay map*. World Bank Group. <https://documents.worldbank.org/curated/en/191101586844753616/pdf/Technical-Potential-for-Offshore-Wind-in-Uruguay-Map.pdf>
- Energy Sector Management Assistance Program. (2025). *Offshore wind technical potential: Analysis and maps*. World Bank Group. https://www.esmap.org/esmap_offshorewind_techpotential_analysis_maps
- Figueroa-Guerra, D. A., Lopez-Tovar, C. F., Delgado-Revilla, A. R., Pisco-Vanegas, J. C., & De La Torre-Macias, A. A. (2026). Estudio de factibilidad para la ubicación estratégica de sistemas de almacenamiento de energía en alimentadores. *Revista Científica Ciencia Y Método*, 4(1), 64-76. <https://doi.org/10.55813/gaea/rcym/v4/n1/132>
- Galparsoro, I., Menchaca, I., Garmendia, J. M., Borja, Á., Maldonado, A. D., Iglesias, G., & Bald, J. (2022). Reviewing the ecological impacts of offshore wind farms. *npj Ocean Sustainability*, 1, Article 1. <https://doi.org/10.1038/s44183-022-00003-5>
- Global Wind Energy Council. (2025, June 25). *Offshore wind installed capacity reaches 83 GW as new report finds 2024 a record year for construction and auctions*. <https://www.gwec.net/news/offshore-wind-installed-capacity-reaches-83-gw-as-new-report-finds-2024-a-record-year-for-construction-and-auctions>
- Global Wind Energy Council. (2025). *Global offshore wind report 2025*. <https://www.gwec.net/news/offshore-wind-installed-capacity-reaches-83-gw-as-new-report-finds-2024-a-record-year-for-construction-and-auctions>
- International Renewable Energy Agency. (2025a). *Renewable power generation costs in 2024*. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2025/Jul/IRENA_TEC_RPGC_in_2024_Summary_2025.pdf
- International Renewable Energy Agency. (2025b). *Renewable capacity statistics 2025*. <https://www.irena.org/Publications/2025/Mar/Renewable-capacity-statistics-2025>
- Jansen, M., Beiter, P., Riepin, I., Müsgens, F., Guajardo-Fajardo, V. J., Staffell, I., Bulder, B., & Kitzing, L. (2022). Policy choices and outcomes for offshore wind auctions globally. *Energy Policy*, 167, 113000. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.113000>

- Jansen, M., Staffell, I., Kitzing, L., Quoilin, S., Wiggelinkhuizen, E., Bulder, B., Riepin, I., & Müsgens, F. (2020). Offshore wind competitiveness in mature markets without subsidy. *Nature Energy*, 5, 614–622. <https://doi.org/10.1038/s41560-020-0661-2>
- Jurasz, J., Canales, F. A., Kies, A., Guezgouz, M., & Beluco, A. (2020). A review on the complementarity of renewable energy sources: Concept, metrics, application and future research directions. *Solar Energy*, 195, 703–724. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.11.087>
- López-Freire, S. A. (2023). Análisis de eficiencia energética en sistemas de propulsión híbridos para vehículos terrestres. *Revista Científica Ciencia Y Método*, 1(4), 56-68. <https://doi.org/10.55813/gaea/rcym/v1/n4/23>
- Masapanta-Masapanta, E. A., Pazuña-Naranjo, W. P., & Corrales-Bonilla, J. I. (2025). Análisis de la eficiencia energética de las instalaciones del Edificio Académico del Bloque A de la UTC, Extensión La Maná. *Journal of Economic and Social Science Research*, 5(3), 63-77. <https://doi.org/10.55813/gaea/jessr/v5/n3/206>
- Mattar, C., Cabello-Españon, F., & Alonso-de-Linaje, N. G. (2021). Towards a future scenario for offshore wind energy in Chile: Breaking the paradigm. *Sustainability*, 13(13), 7013. <https://doi.org/10.3390/su13137013>
- Organización Latinoamericana de Energía. (2025). *Latin American and Caribbean Energy Outlook 2024: Executive summary 2023–2024*. <https://www.olade.org/wp-content/uploads/2025/06/LAC-outlook-summary-2024-OLADE-ENG.pdf>
- Palacios-López, L. A., Pinargote-Bravo, V. J., Mieles-Giler, J. W., & Zapata-Velasco, M. L. (2026). Medidas de adaptación al cambio climático frente a inundaciones y sequías en contextos urbanos y rurales de países en desarrollo. *Innova Science Journal*, 4(1), 227-240. <https://doi.org/10.63618/omd/isj/v4/n1/224>
- Parra, L., Chaves, D., & Ardila-Rey, J. A. (2020). Assessing the complementarities of Colombia's renewable power plants. *Frontiers in Energy Research*, 8, 575240. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2020.575240>
- Sovacool, B. K. (Ed.). (2011). *The Routledge handbook of energy security*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203834602>
- Sovacool, B. K., Heffron, R. J., McCauley, D., & Goldthau, A. (2013). Energy decisions reframed as justice and ethical concerns. *Nature Energy*, 1, 16024. <https://doi.org/10.1038/nenergy.2016.24>
- Suárez-Loor, C. P., & Suárez-Loor, B. E. (2026). Estrategias verdes azules mejoran confort peatonal y reducen demanda energética urbana. *Revista Científica Zambos*, 5(1), 35-47. <https://doi.org/10.69484/rcz/v5/n1/149>
- The Renewables Consulting Group, & ERM. (2022). *Offshore Wind Roadmap for Colombia*. Ministerio de Minas y Energía de Colombia, World Bank Group, ESMAP. https://www.minenergias.gov.co/documents/6115/VF_Colombia_Offshore_Wind_Roadmap_Final.pdf