

Analysis of the use of green energies in the shipyard industry

Cornejo Ruiz Italo G., Bach.¹, Valdivieso Mejia Aymée, Bach.², and Chumpitaz Ayala German R., Dr.³
^{1,2,3}Universidad Tecnológica del Perú, Perú, italogcr16@gmail.com, valdiviesoaymee@gmail.com, gchumpitaza@utp.edu.pe

Abstract– *The maritime industry, in particular shipbuilding and ship repair, faces significant environmental challenges due to high energy consumption and significant carbon footprint. This study presents a systematic literature review (SLR) based on the Scopus database, aiming to identify and analyze sustainable practices applied in shipyards to mitigate their environmental impact. Using the PICOC and PRISMA methodological frameworks, 20 relevant studies published between 2018 and 2024 were examined. The results show that the adoption of renewable energies, process optimization, waste management, and energy efficiency are key strategies to reduce the carbon footprint and promote operational sustainability. Additionally, the effectiveness of various practices was evaluated through data collection methods such as surveys, audits, and performance analyses. It is concluded that the implementation of sustainable practices not only contributes to climate change mitigation but also generates economic benefits and enhances corporate reputation within the shipbuilding sector.*

Keywords– *shipyards, environmental sustainable practices, renewable energy, energy efficiency.*

Análisis del uso de energías verdes en la industria de Astilleros

Cornejo Ruiz Italo G., Bach.¹, Valdivieso Mejia Aymée, Bach.², and Chumpitaz Ayala German R., Dr.³

^{1,2,3}Universidad Tecnológica del Perú, Perú, italogcr16@gmail.com, valdiviesoaymee@gmail.com, gchumpitaza@utp.edu.pe

Resumen—La industria marítima, en particular la construcción y reparación de buques, se enfrenta a importantes retos medioambientales debido al elevado consumo energético y a la importante huella de carbono. Este estudio presenta una revisión sistemática de literatura (RSL) basada en la base de datos Scopus, con el objetivo de identificar y analizar las prácticas sostenibles aplicadas en astilleros para reducir su impacto ambiental. Utilizando los marcos metodológicos PICOC y PRISMA, se examinaron 20 estudios relevantes publicados entre 2018 y 2024. Los resultados evidencian que la adopción de energías renovables, la optimización de procesos, la gestión de residuos y la eficiencia energética son estrategias clave para disminuir la huella de carbono y promover la sostenibilidad operativa. Además, se evaluó la efectividad de diversas prácticas mediante métodos de recolección de datos como encuestas, auditorías y análisis de desempeño ambiental. Se concluye que la implementación de prácticas sostenibles no solo contribuye a la mitigación del cambio climático, sino que también genera beneficios económicos y mejora la reputación corporativa en el sector naval.

Palabras clave—astilleros, prácticas medioambientales sostenibles, energías renovables, eficiencia energética.

I. INTRODUCCIÓN

El impacto ambiental de la industria marítima ha generado una creciente preocupación a nivel mundial, debido a la enorme importancia económica que representa la construcción y reparación naval. Estas actividades industriales se caracterizan por un alto consumo energético y una considerable huella de carbono, todo esto plantean desafíos críticos para la sostenibilidad ambiental. Según Hadžić, N., Kozmar, H., y Tomić, M. (2018), la producción en la industria naval implica un uso intensivo de energía, con repercusiones ambientales notables. Ante esta realidad, se hace imperativo desarrollar e implementar estrategias que no solo mejoren la eficiencia operativa, sino que también reduzcan el impacto ambiental [1].

En este contexto, la adopción de fuentes de energía renovable, como la solar, marina y eólica, se presentan como una recomendación esencial. Estas fuentes no solo pueden reducir los costes de producción y prevenir el aumento de los precios energéticos, sino que también pueden abrir nuevas oportunidades de negocio y contribuir significativamente a la mitigación del cambio climático.

Sin embargo, las empresas de astilleros enfrentan múltiples desafíos para alcanzar estos objetivos, entre ellos, se destaca la falta de infraestructura para fuentes de energía renovable, la carencia de capacitación continua del personal en prácticas ambientales sostenibles, la ineficiencia energética en los procesos de construcción y reparación de embarcaciones, y la

ausencia de un monitoreo ambiental efectivo. Superar estos obstáculos requiere una gestión integral que incluya la implementación de tecnologías limpias, la formación del personal y sistemas robustos de monitoreo y gestión ambiental.

La reducción de la huella de carbono es crucial no solo por sus beneficios directos al medio ambiente, sino también porque mejora la reputación empresarial, genera ventajas competitivas, atrae talento y fideliza a los clientes. En el sector de los astilleros, la responsabilidad social empresarial y la sostenibilidad son cada vez más valoradas por consumidores e inversores. Las empresas que demuestren un compromiso serio con la reducción de su huella de carbono podrán optimizar sus procesos, reducir desperdicios y gestionar mejor sus recursos, logrando ahorros económicos significativos y contribuyendo a un futuro más sostenible.

Esta investigación se apoya en una revisión sistemática de la literatura (RSL) para evaluar las prácticas centradas en la sostenibilidad ambiental en la industria de astilleros. Utilizando el marco PICOC (Problema, Intervención, Comparación, Resultado y Contexto), se busca definir y analizar las mejores estrategias para reducir la huella de carbono y mejorar la sostenibilidad en este sector. Los resultados de esta revisión proporcionarán una base sólida para el desarrollo de políticas y prácticas que promuevan la eficiencia energética y la responsabilidad ambiental en los astilleros, contribuyendo así al bienestar ambiental y económico a largo plazo.

Las organizaciones líderes en la industria marítima, incluyendo aquellas dedicadas a la construcción y reparación naval, enfrentan uno de los desafíos más urgentes y complejos: el incremento de la huella de carbono en sus operaciones. Según Hadžić, N., Kozmar, H. y Tomić, M. (2018), la producción en esta industria demanda un consumo energético significativo y tiene un notable impacto ambiental [1]. Por lo tanto, la fabricación de estos bienes requiere considerar, no sólo la eficiencia operativa, sino también sus implicaciones medioambientales. Es esencial plantear estrategias que promuevan la eficiencia energética y la reducción de la huella de carbono. La implementación de fuentes de energía renovables, como la solar, marina y eólica, son las opciones más recomendadas en la actualidad. Esta estrategia no sólo está justificada en sus beneficios medioambientales, sino también por la disminución de los costes de producción, el surgimiento de nuevas oportunidades de negocio, mejora en la imagen empresarial y como medida de protección frente a la volatilidad de los precios de la energía.

Las empresas de astilleros enfrentan varios desafíos específicos que impactan tanto en sus operaciones como en el medio ambiente. Por ejemplo, la falta de fuentes de energía renovables representa un obstáculo significativo, ya que no cuentan con paneles solares u otras alternativas sostenibles para reducir su huella de carbono, en este sentido la implementación de paneles solares podría disminuir considerablemente el consumo de energía y el impacto ambiental negativo característico de este tipo de instalaciones.

Además, la falta de capacitación continua del personal agrava la situación, la ausencia de formación regular sobre el cuidado del medio ambiente conduce a un manejo inadecuado de residuos y otros impactos ambientales adversos. Esto puede mejorarse mediante la implementación de una gestión adecuada de residuos sólidos y capacitaciones regulares.

Otro desafío crucial es la falta de diversificación del suministro energético en los procesos de construcción y reparación de embarcaciones. La instalación de sistemas de energía solar y otras fuentes renovables disponibles, así como la optimización de procesos mediante nuevas tecnologías pueden no solo reducir los costos operativos, sino también promover prácticas más sostenibles.

Por otro lado, la falta de supervisión constante de los parámetros ambientales impide la identificación y corrección temprana de problemas ambientales potenciales, lo que puede resultar en incumplimientos normativos y riesgos para la salud pública. Por ello, es fundamental contar con un sistema de monitoreo ambiental efectivo y bien gestionado. En resumen, abordar estos desafíos de manera integral mediante la adopción de energías renovables, la capacitación continua del personal, la optimización de procesos y un monitoreo ambiental constante, es crucial para el desarrollo sostenible de las empresas de astilleros.

Reducir la huella de carbono es crucial para mitigar el impacto ambiental de una empresa y contribuir en la lucha contra el cambio climático. Esto no solo beneficia al medio ambiente, sino que también reduce las emisiones de gases de efecto invernadero y promueve prácticas más sostenibles en la industria de astilleros.

En la actualidad, la responsabilidad social empresarial y la sostenibilidad son aspectos cada vez más valorados por consumidores, inversores y la sociedad en general. Una empresa comprometida con la reducción de su huella de carbono mejora su reputación, lo que puede traducirse en ventajas competitivas, atracción de talento y fidelización de clientes. Identificar áreas para reducir las emisiones de carbono implica optimizar procesos, reducir desperdicios y mejorar la gestión de recursos, generando ahorros económicos significativos para la empresa.

Para la industria de astilleros, la implementación de energías renovables es una recomendación clave en medio de la actual situación relacionada al efecto de los gases de efecto invernadero en el cambio climático y el cuidado del medio ambiente. Esta estrategia no solo tiene beneficios medioambientales, sino que también reduce los costes de

producción, genera nuevas oportunidades de negocio y mitiga los costos asociados con el aumento de los precios energéticos. La capacitación continua del personal en el cuidado del medio ambiente y una gestión adecuada de residuos sólidos pueden mejorar el desempeño ambiental y reducir los riesgos de incumplimientos normativos y riesgos para la salud pública. Los sistemas de monitoreo ambiental efectivos permiten identificar y corregir tempranamente problemas ambientales potenciales, contribuyendo a la mejora continua de la empresa en términos de sostenibilidad.

El objetivo principal de esta revisión sistemática de literatura (RSL) es doble. En primer lugar, busca identificar y analizar las prácticas centradas en la conservación ambiental que se están implementando en la industria de astilleros para optimizar el nivel de sostenibilidad. En segundo lugar, la RSL se propone evaluar la efectividad de estas prácticas en comparación con métodos más subjetivos, como cuestionarios u otras herramientas de medición.

La industria de astilleros, como se destaca en varios estudios incluidos en esta revisión se caracteriza por un consumo intensivo de energía y una huella de carbono considerable, lo cual plantea un desafío significativo en términos de sostenibilidad ambiental. La RSL busca identificar cómo las prácticas de conservación ambiental pueden mitigar estos impactos negativos y mejorar la sostenibilidad general de la industria.

Además de identificar las prácticas existentes, la RSL busca evaluar su efectividad. Esto es crucial para comprender qué enfoques son más exitosos en la mejora de la sostenibilidad ambiental en el contexto de los astilleros. Al comparar estas prácticas con métodos de medición, como cuestionarios, la revisión puede proporcionar información valiosa sobre la precisión y confiabilidad de diferentes enfoques para evaluar la sostenibilidad.

En última instancia, el objetivo de esta RSL es proporcionar una base sólida para el desarrollo de políticas y prácticas más efectivas en la industria de astilleros. Al identificar las mejores prácticas y evaluar su efectividad, la revisión puede guiar a la industria hacia un futuro más sostenible. Esto no solo beneficiará al medio ambiente, sino que también puede mejorar la eficiencia operativa, reducir costos y mejorar la reputación de las empresas del sector.

En relación con eso, el documento está organizado de la siguiente manera. La sección II, Metodología, presenta el método utilizado para la RSL, las preguntas de investigación planteadas, ecuaciones de búsqueda PICOC y PRISMA. La sección 3, Resultados, presenta y organiza los resultados obtenidos luego del análisis de los trabajos primarios sobre estrategias de RSC para la industria de astilleros desde el punto de vista ecológico y medioambiental. En la sección 4, Discusión, se plantea la discusión sobre los métodos de recolección de información que se emplearon para medir la responsabilidad social. Finalmente, en la sección 5, Conclusiones, se sintetizan los principales hallazgos y las limitaciones de este estudio de RSL.

II. METODOLOGÍA

Esta investigación al ser del tipo revisión sistemática de la literatura (RSL), utiliza algunas metodologías ampliamente utilizadas para encontrar las mejores fuentes de información con el fin de generar conclusiones o presentar resultados entre diferentes fuentes sobre un tema seleccionado. La metodología dada se utilizó en estudios sobre astilleros. En el estudio presentado, la pregunta de investigación se centra en el cumplimiento de la responsabilidad social mediante prácticas centradas en la conservación ambiental en astilleros. El uso del marco del contexto de resultados de comparación de intervenciones de problemas (PICOC) es importante para esta revisión con el fin de definir los puntos principales del análisis. La sección “problema” se describe como la “poca responsabilidad social de los astilleros”. La intervención explica las formas de resolver el problema en cuestión, en este caso “prácticas centradas en la sostenibilidad ambiental”. La “comparación” debe proporcionar formas que permitan evaluar cómo funcionaban los astilleros antes y después de la intervención, esto acostumbra a ser realizado mediante la implementación de encuestas entre representantes de empresas astilleras y sus trabajadores, para determinar el grado de aceptación de la adopción del uso de energías verdes. El “resultado” describe el resultado deseado de la intervención, que son los niveles de sostenibilidad ambiental. Por último, el “contexto” que se define como el lugar de trabajo “astilleros”.

Se seleccionaron diferentes palabras clave para la investigación con ayuda de la herramienta PICOC, estas se describen en la Tabla I.

La búsqueda sistemática se realizó en la base de datos Scopus utilizando una ecuación de búsqueda que incluye palabras clave relacionadas con la responsabilidad social, la sostenibilidad ambiental y los astilleros. Se encontraron 112 resultados inicialmente.

No se eliminaron artículos duplicados porque la búsqueda se realizó en una sola base de datos. De los 112 resultados, 40 cumplían con la temática de la revisión sistemática a partir de la revisión del título, resumen y palabras clave. De estos, se recuperaron 22 artículos a texto completo y 20 cumplían con los criterios de inclusión y exclusión.

Los criterios de inclusión eran estudios que abordan la implementación de prácticas centradas en la sostenibilidad ambiental en la industria de astilleros, evaluaran el nivel de sostenibilidad ambiental alcanzado a través de la implementación de dichas prácticas, comparan la efectividad de las prácticas centradas en la sostenibilidad ambiental con la aplicación de cuestionarios u otros métodos subjetivos de medición, y se enfocarán en la responsabilidad social de los astilleros en relación con la sostenibilidad ambiental. Los criterios de exclusión incluían áreas no correspondientes al tema de investigación, solo se tomaron en cuenta Articles, Conference paper y Review, publicaciones en idiomas

diferentes al inglés y documentos anteriores a 2018. Esto se ve reflejada en la ecuación de búsqueda mostrada en la Tabla II.

TABLA I
PALABRAS CLAVE SELECCIONADAS PARA LA HERRAMIENTA PICOC

	Problema	Intervención	Comparación	Resultados	Contexto
P I C O C	¿Cómo se ha medido la responsabilidad social?	¿Qué prácticas centradas en la conservación ambiental se han utilizado?	¿Qué tan eficaces han resultado la aplicación de cuestionarios u otros métodos subjetivos de medición?	¿Qué tan sostenibles han sido estos métodos y que limitaciones presentan?	¿En qué tipo de astilleros?
P	Responsability	Environmental sustainable practices	Questionnaire	Environmental sustainable level	Shipyards
A	Social responsibility	Environmental sustainability	Survey	Degree of environmental sustainability	Jetty
L	Social participation	Environmental practices	Audit	Energy Efficiency	Workshop
B		Sustainable development		Renewable Energy	
R		Environmental conservation		Ecological footprint	
A				Sustainable development	
S				Recycling	

En resumen, esta revisión sistemática busca identificar las prácticas centradas en la conservación ambiental que se utilizan para optimizar el nivel de sostenibilidad en astilleros con poca responsabilidad social y evaluar su efectividad en comparación con la aplicación de cuestionarios u otros métodos subjetivos de medición. Se encontraron 20 estudios que cumplían con los criterios de inclusión y exclusión tal y como muestra la Figura 1.

TABLA II
ECUACIÓN DE BÚSQUEDA CON PRISMA

P R I S M A	(responsibility OR "social responsibility" OR "social participation") AND ("environmental sustainable practices" OR "environmental sustainability" OR "environmental practices" OR "sustainable development" OR "environmental conservation") AND ("Environmental sustainability level" OR "Degree of environmental sustainability" OR "Energy efficiency" OR "Renewable energy" OR "Ecological footprint" OR "Sustainable development" OR recycling) AND (shipyards OR jetty OR workshop)) AND PUBYEAR > 2017 AND PUBYEAR < 2024 AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, "ar") OR LIMIT-TO (DOCTYPE, "cp") OR LIMIT-TO (DOCTYPE, "re") OR LIMIT-TO (DOCTYPE, "bk")) AND (EXCLUDE (SUBJAREA, "AGRI") OR EXCLUDE (SUBJAREA, "MEDI") OR EXCLUDE (SUBJAREA, "NURS") OR EXCLUDE (SUBJAREA, "ARTS") OR EXCLUDE (SUBJAREA, "PHAR") OR EXCLUDE (SUBJAREA, "PHYS") OR EXCLUDE (SUBJAREA, "EART") OR EXCLUDE (SUBJAREA, "MATH")) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE, "English"))
----------------------------	---

III. RESULTADOS

A continuación, se diserta sobre la responsabilidad social que presentan distintos astilleros: mediciones, métricas y

factores de sostenibilidad ambiental, métodos específicos implementados para la conservación ambiental en el astillero, ventajas del uso de métodos para medir responsabilidad social y sostenibilidad y limitaciones identificadas en los métodos utilizados extraídos de diferentes estudios analizados.

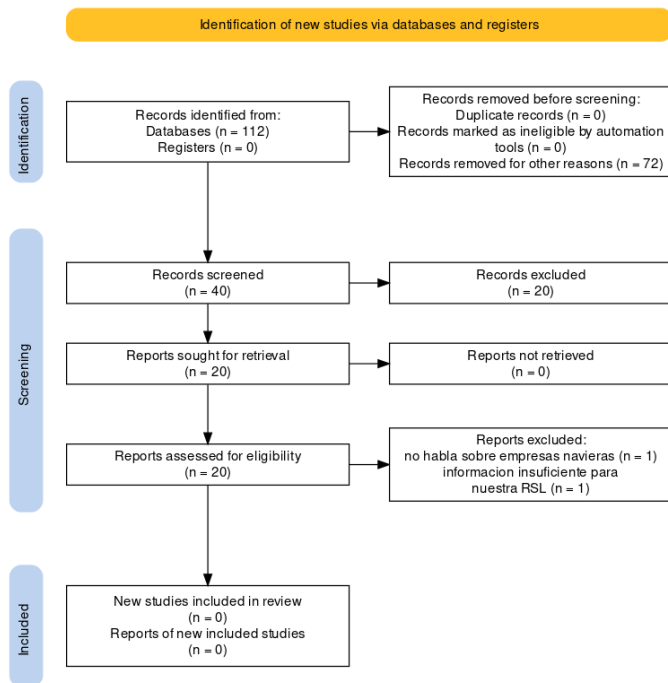


Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA.

A. Responsabilidad social

Según los estudios analizados, la responsabilidad social corporativa (RSC) aborda la sostenibilidad desde diversos enfoques. Algunos estudios evalúan el compromiso ambiental de las empresas a través de las actitudes de sus empleados [2]. Otros se centran en la capacitación e implementación de sistemas de energía renovable para mejorar la eficiencia energética y reducir las emisiones [1], [3]. También se analizan estrategias tecnológicas de optimización del consumo de energía y minimización de las emisiones de gases de efecto invernadero [4], [5]. Asimismo, se destaca la gestión de la cadena de suministro verde, que resalta la importancia de integrar prácticas ecológicas en la cadena de valor [6]. Otros estudios centran sus investigaciones en el desarrollo comunitario y la participación activa en prácticas sostenibles, subrayando el papel del desarrollo social en la RSC [7], [8]. Por otro lado, hay investigaciones que se enfocan en la reducción de emisiones de carbono y la mejora de la eficiencia en los talleres de pintura de los astilleros como una contribución al desarrollo sostenible [9]. Otros estudios discuten la importancia de la gestión de salud, seguridad y medio ambiente (HSE) en el contexto de la RSC [10], mientras que algunos sugieren que la RSC puede manifestarse en el diseño de espacios interiores ambientalmente sostenibles [11]. En términos de conceptualización, algunos estudios consideran la RSC en función de consideraciones éticas y de impacto social [12],

mientras que otros se centran en el compromiso de las empresas de operar de manera ética y sostenible, teniendo en cuenta el impacto social, ambiental y económico de sus decisiones [13]. También se enfatiza el compromiso con la gestión adecuada de residuos sólidos municipales para mitigar problemas ambientales y promover el crecimiento económico local [14]. De igual manera, hay estudios que abordan la adopción de prácticas y tecnologías para minimizar el impacto ambiental durante la construcción de barcos, cumpliendo con regulaciones ecológicas [15], y exploran el compromiso de las empresas del sector naval en la adopción de prácticas y tecnologías para minimizar los impactos ambientales y promover la sostenibilidad a lo largo del ciclo de vida del buque [16]. Por consiguiente, se presentan discusiones sobre algunos enfoques de la Responsabilidad social, donde algunos artículos se priorizan la optimización de costos y emisiones mediante la implementación de sistemas de almacenamiento de energía, un enfoque que se centra en soluciones tecnológicas inmediatas [4], y en contraste, otros proponen una optimización multiobjetivo que busca equilibrar los objetivos ambientales, económicos y sociales, sugiriendo que la sostenibilidad integral debe considerar múltiples factores más allá de la eficiencia técnica [17]. De igual manera en unos estudios se argumenta que la gestión de la cadena de suministro verde es clave para la sostenibilidad [6], mientras que en otros abogan por una visión holística que considera las dimensiones económica, ambiental y social de manera equilibrada [18], lo que podría criticar a la anterior visión más restringida que solo se centra en la cadena de suministro. Hay estudios que enfatizan la importancia de alinear las prácticas empresariales con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) a largo plazo [19], [20], y otros que se centran en la implementación de soluciones técnicas y optimizaciones inmediatas [4], [17]. La diversidad que existe en la implementación de la RSC, desde la gestión ambiental y la eficiencia energética hasta el desarrollo comunitario y el cumplimiento de regulaciones, demuestra la necesidad de enfoques que estén adaptados a diferentes contextos operativos y estratégicos. Esto demuestra cuán importante es equilibrar las soluciones tecnológicas con el desarrollo social y las prácticas de sostenibilidad a largo plazo para que se aborden de manera eficaz los desafíos ambientales y sociales en la industria.

Los métodos de recolección de datos más utilizados para medir la responsabilidad social fueron las encuestas y entrevistas, análisis documental y de informes, y análisis económico y computacional.

En las fuentes analizadas se han empleado una variedad de métodos de recolección de datos, cada uno aportando una perspectiva única y valiosa. Desde encuestas y entrevistas hasta análisis documental y de informes, análisis económico, entre otros, con el fin de tener una visión más clara de cómo medir la responsabilidad social en los astilleros [2], [6], [7], [8], [9], [13], [14], [16], [18], [21]. Estas herramientas permiten obtener información directa de los empleados, ejecutivos, responsables de políticas ambientales y de sostenibilidad y stakeholders clave, ofreciendo percepciones detalladas sobre la

responsabilidad social en los astilleros. Además, se han realizado análisis económicos y ambientales [4], [12] y los análisis de datos financieros y operativos, revisión de políticas y regulaciones gubernamentales [14] permiten evaluar el impacto monetario y medioambiental de las prácticas navieras y costos asociados. La revisión de informes de sostenibilidad [19], [21], [22] proporciona una comprensión profunda de las políticas adoptadas por las empresas navieras, identificando tendencias y patrones en las estrategias de responsabilidad social. La determinación de la capacidad requerida del sistema de almacenamiento de energía [4] y la evaluación de las fuentes de energía renovable [1], permite un buen manejo de los recursos energéticos y una disminución en costos. Asimismo, realizar análisis de las emisiones totales de gases de efecto invernadero [4] permite conocer la cantidad de emisiones que se producen en los astilleros y con esto, buscar formas de reducción de su impacto. La combinación de métodos cuantitativos y cualitativos [3] ha sido clave para una comprensión holística de la responsabilidad social en la industria naval. El análisis de indicadores de desempeño [10], [11] permite a las empresas integrar los ODS y tener una visión clara del impacto y el compromiso de la empresa.

B. Tipo de muestra

Según los estudios analizados se utilizaron diferentes tipos, tamaños de población, muestra, entre otros. En primer lugar, se destaca el estudio realizado en el astillero PTX en Cilegon Banten, que se centra en las actividades de reparación de buques marítimos y en su evaluación de la gestión ambiental y la sostenibilidad del astillero [2]. Otro estudio italiano examina medidas para reducir las emisiones atmosféricas y mejorar la eficiencia energética en un astillero local [3]. Este enfoque se suma al panorama global de prácticas sostenibles en la industria naval, destacando la relevancia de soluciones innovadoras para abordar los desafíos medioambientales. La investigación también se extiende a países como Corea del Sur, donde se estudia un removedor en operación [4]. Este enfoque ofrece una perspectiva sobre cómo se aplican prácticas sostenibles en diferentes tipos de embarcaciones y contextos operativos. En Turquía, un estudio aborda las prácticas de sostenibilidad desde la perspectiva de ejecutivos y propietarios de astilleros turcos [6]. Con una muestra que incluye a la mayoría de los astilleros del país, este estudio proporciona una visión holística de las iniciativas sostenibles en toda la industria turca de la construcción naval. La investigación también se centra en casos específicos, como el estudio sobre un astillero croata típico, que analiza la demanda de electricidad y el potencial para la introducción de sistemas de energía renovable [1]. Este enfoque detallado resalta la importancia de considerar las condiciones locales y las necesidades específicas de cada astillero en su camino hacia la sostenibilidad. Además, se exploran temas como la optimización de la programación de buques para abordar la congestión portuaria y reducir las emisiones de carbono, así como las prácticas de divulgación de sostenibilidad

de las compañías navieras y la cadena de suministro de la construcción naval [17].

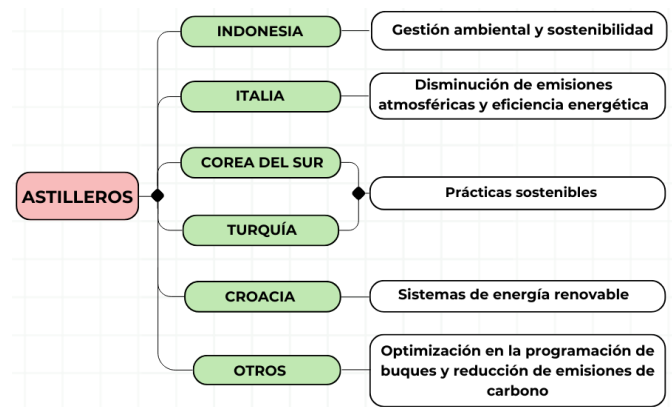


Figura 2. Tipos de muestras.

C. Mediciones, Métricas y Factores de Sostenibilidad Ambiental en Estudios

Las mediciones y métricas utilizadas para evaluar la sostenibilidad ambiental en los astilleros fueron variadas y específicas a cada contexto, reflejando la diversidad de enfoques y objetivos en los estudios revisados. En el estudio de Ashari R. et al., se evaluó la calidad del agua y el conocimiento de los empleados sobre la gestión de residuos industriales, destacando la importancia de la capacitación y el conocimiento de los empleados en la gestión ambiental [2]. La calidad del agua es crucial en astilleros, donde la contaminación puede ser significativa, y la capacitación adecuada del personal asegura prácticas de gestión de residuos más efectivas. En el estudio de Vakili S. et al., se evaluaron la reducción de emisiones al aire y la eficiencia energética, esenciales para evaluar el impacto ambiental de las operaciones del astillero. La eficiencia energética no solo reduce las emisiones de gases de efecto invernadero, sino que también puede resultar en ahorros significativos en costos operativos [3]. La aplicación de tecnologías de energía renovable, como paneles solares o sistemas de energía eólica, también se destacó como una forma efectiva de reducir la dependencia de combustibles fósiles.

Kim K. et al., Analizaron el costo de vida útil de los buques, las emisiones de gases y la eficiencia operativa de los remolcadores de emisión cero, permitiendo una evaluación integral de la sostenibilidad de las operaciones marítimas [4]. El costo de vida útil incluye tanto los costos de construcción como los de operación y mantenimiento, proporcionando una visión completa del impacto económico de las tecnologías sostenibles. La eficiencia operativa de los remolcadores de emisión cero es crucial para demostrar la viabilidad de estas tecnologías en aplicaciones reales. Tantan M. et al., evaluaron la gestión de la cadena de suministro verde y la integración de los ODS en políticas empresariales, enfocándose en cómo las empresas pueden implementar prácticas sostenibles a lo largo de toda su cadena de suministro, reduciendo los residuos y mejorando la sostenibilidad global [6]. La integración de los

Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en las políticas empresariales también es fundamental para alinear las operaciones de la empresa con las metas globales de sostenibilidad.

Sant'Ana J.F. et al., investigaron prácticas sostenibles en la construcción naval, eficiencia energética y gestión de residuos, esenciales para mejorar la sostenibilidad en la construcción naval [22]. La eficiencia energética en la construcción puede lograrse mediante el uso de materiales sostenibles, técnicas de construcción eficientes, medidas optimización y ahorro energético, mientras que la gestión de residuos asegura que los materiales no utilizados se reciclen o eliminen adecuadamente Azhar A. et al., Aplicaron criterios de sostenibilidad ambiental en la industria marítima, evaluando el compromiso de los astilleros con las prácticas sostenibles y enfocándose en la eficiencia de recursos y reducción de emisiones [16]. La implementación de criterios rigurosos puede ayudar a estandarizar las prácticas sostenibles y facilitar la comparación entre diferentes astilleros. Tremblay D. et al., implementaron enfoques sistémicos para la sostenibilidad, integrando múltiples objetivos de sostenibilidad y evaluando cómo las prácticas ambientales pueden ser aplicadas de manera efectiva en todas las operaciones del astillero. Un enfoque sistémico asegura que todas las áreas del astillero trabajan juntas hacia objetivos comunes de sostenibilidad [20].

Los estudios revisados mencionan diversas mediciones y métricas relacionadas con la sostenibilidad ambiental en astilleros. Entre las más destacadas se encuentran:

- Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI): Medición de las emisiones de CO₂ y otros gases.
- Consumo de Energía: Evaluación del consumo energético en las operaciones.
- Gestión de Residuos: Cantidad y tipo de residuos generados y su gestión.
- Uso de Materiales Reciclables: Proporción de materiales reciclados utilizados en la producción.
- Impacto en la Biodiversidad: Evaluación del impacto de las operaciones en el entorno natural.
- Eficiencia de Recursos: Optimización en el uso de recursos como agua y materias primas.

Para un mayor entendimiento, visualizar la siguiente Figura 3.

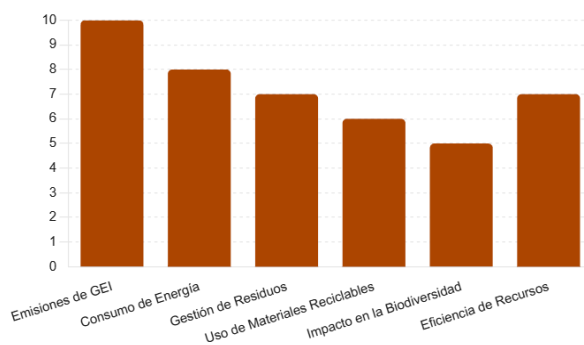


Figura 3. Mediciones y Métricas de sostenibilidad ambiental.

El análisis de las mediciones y métricas de sostenibilidad ambiental en los astilleros revela que las Emisiones de GEI son la métrica más frecuentemente mencionada, destacando la preocupación por la reducción de gases de efecto invernadero.

El Consumo de Energía también es una métrica clave, indicando la importancia de optimizar el uso de energía en los astilleros. La Gestión de Residuos es crucial para minimizar el impacto ambiental, mientras que el Uso de Materiales Reciclables, aunque mencionado con menor frecuencia, es fundamental para la economía circular. El Impacto en la Biodiversidad, aunque menos mencionado, es importante para la conservación del entorno natural. Finalmente, la Eficiencia de Recursos refleja la necesidad de utilizar los recursos de manera más eficiente.

D. Métodos Específicos Implementados para la Conservación Ambiental en el Astillero

Diversos métodos para la conservación ambiental fueron destacados en los estudios revisados, mostrando una amplia gama de estrategias implementadas para mejorar la sostenibilidad en los astilleros. En el estudio de Ashari R. et al., se implementaron prácticas para gestionar eficientemente los residuos industriales y conservar los recursos hídricos. La gestión de residuos incluye la clasificación, reciclaje y eliminación adecuada de desechos, mientras que la conservación del agua puede involucrar la recolección de agua de lluvia y el uso eficiente de agua en los procesos de limpieza y enfriamiento [2]. Vakili S. et al., describieron el uso de tecnologías avanzadas para lograr cero emisiones y mejorar la eficiencia energética. Estas tecnologías pueden incluir motores eléctricos, sistemas de propulsión híbridos y el uso de energías renovables. La eficiencia energética se puede mejorar mediante el diseño optimizado de los buques y la implementación de prácticas operativas eficientes [3].

Kim K. et al. propusieron y utilizaron remolcadores diseñados para no emitir contaminantes, un paso crucial hacia operaciones marítimas más limpias [4]. Los sistemas de energía alternativos, como el uso de baterías eléctricas o celdas de combustible de hidrógeno, pueden ofrecer soluciones viables para reducir las emisiones en el sector marítimo. Tantan M. et al., Se enfocaron en cómo la gestión verde de la cadena de suministro puede minimizar los residuos y mejorar la sostenibilidad operativa. Esto puede incluir la selección de proveedores sostenibles, la optimización de la logística y la reducción de materiales de embalaje [6]. En la construcción naval, prácticas como el uso de materiales reciclados y técnicas de construcción modular pueden mejorar la sostenibilidad. Sant'Ana J.F. et al., identificaron prácticas sostenibles específicas aplicadas en la construcción naval, subrayando su importancia para la sostenibilidad a largo plazo. Estas prácticas pueden incluir el diseño de buques para facilitar el desmantelamiento y reciclaje, la reducción de emisiones durante la construcción y la implementación de sistemas de gestión ambiental [22].

Azhar A. et al., implementaron criterios rigurosos para evaluar y mejorar las prácticas ambientales de los astilleros [16]. Estos criterios pueden incluir la evaluación del impacto ambiental de las operaciones, la eficiencia en el uso de recursos y la implementación de tecnologías limpias. Tremblay D. et al. adoptaron un enfoque integral para incorporar la sostenibilidad en todas las operaciones del astillero. Este enfoque sistémico implica la integración de prácticas sostenibles en cada aspecto de las operaciones del astillero, desde el diseño y construcción de buques hasta las operaciones diarias y la gestión de residuos. Un enfoque integral garantiza que todas las áreas del astillero trabajan juntas hacia objetivos comunes de sostenibilidad, lo que puede resultar en una mayor eficiencia y menores impactos ambientales [20].

Los métodos específicos para la conservación ambiental incluyen:

- Tecnologías de Energía Limpia: Implementación de energías renovables como la solar y eólica.
- Gestión Integral de Residuos: Sistemas para la segregación, reciclaje y disposición adecuada de residuos.
- Mejoras en Eficiencia Energética: Uso de tecnologías y prácticas que reducen el consumo energético.
- Reducción de Emisiones: Adopción de tecnologías que disminuyen las emisiones de contaminantes.
- Programas de Reforestación: Iniciativas para plantar árboles y restaurar ecosistemas.

Estos métodos fueron representados en la Figura 4.

El análisis de los métodos de conservación ambiental implementados en el astillero, representado en el gráfico de pastel, revela que la Gestión Integral de Residuos es el método más utilizado, subrayando la importancia de una adecuada gestión de los desechos para minimizar el impacto ambiental. Las Mejoras en Eficiencia Energética también son un enfoque común, representando un esfuerzo significativo para reducir el consumo de energía y mejorar la sostenibilidad de las operaciones. Las Tecnologías de Energía Limpia constituyen una parte significativa de los esfuerzos para reducir la huella de carbono, demostrando el compromiso con fuentes de energía renovable.

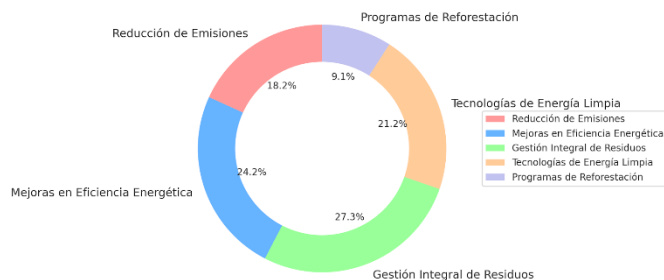


Figura 4. Métodos de conservación Ambiental.

La Reducción de Emisiones es otro método importante, centrado en disminuir el impacto ambiental directo de las operaciones del astillero. Finalmente, los Programas de

Reforestación, aunque menos implementados, juegan un rol relevante en la compensación de emisiones y la restauración de ecosistemas, contribuyendo a la conservación de la biodiversidad.

E. Ventajas del Uso de Métodos para Medir Responsabilidad Social y Sostenibilidad

Los estudios revisados identificaron varias ventajas significativas derivadas de la adopción de métodos sostenibles en los astilleros. En el estudio de Ashari R. et al., se destacó que la implementación de prácticas de gestión de residuos y conservación del agua no solo mejora la calidad del agua, sino que también aumenta la conciencia de los empleados sobre la importancia de la sostenibilidad [2]. Esto puede llevar a un cambio cultural dentro del astillero, donde todos los empleados están comprometidos con prácticas sostenibles. En el estudio de Vakili S. et al., se resaltó que la adopción de tecnologías de emisión cero y mejoras en la eficiencia energética pueden reducir significativamente las emisiones de gases de efecto invernadero. Además, la eficiencia energética no solo contribuye a la sostenibilidad ambiental, sino que también puede resultar en ahorros significativos en costos operativos, mejorando la rentabilidad del astillero [3].

En el estudio de Kim K. et al., se encontró que el uso de remolcadores de emisión cero puede reducir significativamente las emisiones contaminantes [4]. Esto no solo tiene beneficios ambientales, sino que también puede mejorar la salud y seguridad de los trabajadores del astillero y las comunidades cercanas, reduciendo la exposición a contaminantes nocivos. En el estudio de Tantan M. et al., se señaló que una gestión eficiente de la cadena de suministro puede reducir significativamente los residuos y mejorar la sostenibilidad global del astillero. La implementación de prácticas de cadena de suministro verde puede llevar a una reducción en el uso de materiales, una mayor eficiencia en la logística y una mejor gestión de los recursos [6].

En el estudio de Sant'Ana J.F. et al., se observó que la adopción de prácticas sostenibles en la construcción naval es fundamental para la sostenibilidad a largo plazo de la industria. Estas prácticas no solo mejoran la sostenibilidad ambiental, sino que también pueden aumentar la eficiencia operativa y reducir los costos a largo plazo [22]. En el estudio de Azhar A. et al., se indicó que la aplicación de criterios rigurosos de sostenibilidad ambiental puede llevar a mejoras significativas en las prácticas operativas de los astilleros. La capacidad de identificar y priorizar objetivos de sostenibilidad permite a los astilleros enfocar sus esfuerzos en áreas clave donde pueden tener el mayor impacto [16]. En el estudio de Tremblay D. et al., se mencionó que un enfoque sistémico facilita la integración de prácticas sostenibles en todas las operaciones del astillero. Esto no solo mejora la sostenibilidad general del astillero, sino que también puede resultar en una reducción de costos operativos al optimizar el uso de recursos y reducir los residuos [20]. Figure 5.

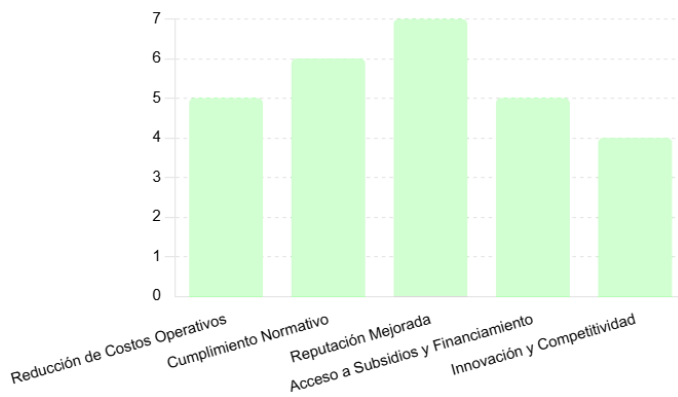


Figura 5. Ventajas del uso de métodos sostenibles

El análisis del gráfico de barras muestra que la Reputación Mejorada es la ventaja más destacada, indicando que la sostenibilidad mejora la percepción pública y la reputación del astillero. El cumplimiento normativo también es crucial, asegurando que las operaciones cumplen con las regulaciones ambientales vigentes. La Reducción de Costos Operativos es otro importante beneficio, demostrando cómo la sostenibilidad puede ser económicamente ventajosa al disminuir gastos. Además, el Acceso a Subsidios y Financiamiento facilita la obtención de recursos financieros y subvenciones, apoyando las iniciativas sostenibles. Por último, la Innovación y Competitividad se ve fomentada, impulsando la innovación tecnológica y mejorando la posición competitiva del astillero en el mercado.

F. Limitaciones Identificadas en los Métodos Utilizados

A pesar de las ventajas, también se identificaron varias limitaciones en los métodos utilizados para mejorar la sostenibilidad en los astilleros. En los estudios de Ashari R. et al., Vakili S. et al., y Kim K. et al., no se detallaron limitaciones específicas, lo que sugiere la necesidad de más investigación para identificar y abordar posibles desafíos en estas áreas [2], [3], [4].

El estudio de Tantan M. et al., señaló que la variabilidad en la adopción de prácticas sostenibles entre diferentes astilleros y la falta de datos específicos limitan la capacidad de evaluar completamente la sostenibilidad de las prácticas implementadas. La falta de uniformidad en la aplicación de tecnologías avanzadas dificulta la comparación de resultados entre diferentes estudios y contextos [6].

En el estudio de Sant'Ana J.F. et al., se mencionó que la integración de múltiples objetivos de sostenibilidad es compleja y requiere una coordinación cuidadosa y recursos adecuados. Los conflictos entre diferentes objetivos y políticas pueden dificultar la implementación efectiva de estrategias sostenibles [22].

El estudio de Azhar A. et al., indicó que la falta de datos específicos limita la capacidad de evaluar completamente la sostenibilidad de las prácticas implementadas [16]. Además, los desafíos en la implementación de prácticas efectivas incluyen

la necesidad de capacitación adicional y la resistencia al cambio por parte de los empleados.

En el estudio de Tremblay D. et al., se identificaron varios desafíos en la implementación de un enfoque sistémico, incluyendo la resistencia al cambio y la necesidad de una capacitación adecuada. La implementación de un enfoque integral para la sostenibilidad puede requerir una reestructuración significativa de las operaciones del astillero, lo que puede enfrentar resistencia por parte de los empleados y la gerencia [20].

Las limitaciones identificadas en la implementación de prácticas sostenibles en los astilleros incluyen:

- **Costos Iniciales Altos:** Implementar nuevas tecnologías y prácticas sostenibles puede ser costoso.
- **Resistencia al Cambio:** El cambio cultural y organizacional puede ser lento.
- **Falta de Conocimiento Técnico:** Existe la necesidad de capacitación y desarrollo de habilidades.
- **Disponibilidad de Tecnología:** Hay limitaciones en la disponibilidad y accesibilidad de tecnologías avanzadas.
- **Regulaciones Variables:** Los cambios en las regulaciones pueden afectar la implementación continua de prácticas sostenibles.

Estas limitaciones resaltan la necesidad de una mayor investigación y desarrollo de estrategias efectivas para superar los desafíos en la sostenibilidad de los astilleros.

IV. DISCUSIÓN

Al evaluar la responsabilidad social en los astilleros, se utilizaron diversos métodos de recolección de datos que ofrecen perspectivas valiosas y variadas. Las encuestas, entrevistas, y cuestionarios se destacan por proporcionar información directa de empleados, ejecutivos, y otros stakeholders, como se observa en las investigaciones de Ashari et al. y Tantan y Akdağ, que coinciden en el uso de estos métodos para captar percepciones sobre la responsabilidad social. Estudios como los de Kim et al. y Hadžić et al. se centran en análisis cuantitativos y ambientales, evaluando el impacto económico y las emisiones de gases de efecto invernadero, aportando datos empíricos sobre la eficiencia y sostenibilidad de las prácticas navieras. La revisión de informes de sostenibilidad, como en Di Vaio et al. y Sant'Ana et al., profundiza en las políticas adoptadas por las empresas, revelando tendencias en la responsabilidad social corporativa. Adicionalmente, modelos computacionales y simulaciones, utilizados por Wen et al. y Zhang et al., permiten evaluar la efectividad de estrategias energéticas y de sostenibilidad en un contexto controlado, contrastando con los enfoques empíricos tradicionales. La combinación de métodos cualitativos y cuantitativos, como en Vakili et al., proporciona una comprensión integral, permitiendo una evaluación más completa del impacto y las prácticas de responsabilidad social. Aunque cada método tiene sus fortalezas, las limitaciones incluyen la subjetividad de las encuestas, las restricciones de los modelos computacionales, y la dependencia de la calidad de la información secundaria. Para el futuro, la integración de

métodos mixtos y el desarrollo de tecnologías avanzadas para la recolección de datos en tiempo real se vislumbran como claves para mejorar la evaluación de la responsabilidad social en los astilleros, alineándose con las tendencias observadas en estudios de eficiencia energética y análisis de emisiones.

V. CONCLUSIONES

La adopción de prácticas sostenibles en la industria de los astilleros es esencial para reducir la huella de carbono, mejorar la eficiencia operativa y promover la responsabilidad social empresarial. La implementación de energías renovables, como la solar, marina y eólica, junto con la capacitación continua del personal y la adopción de tecnologías limpias, no solo reduce los costos de producción y previene el aumento de los precios energéticos, sino que también abre nuevas oportunidades de negocio y mejora la reputación empresarial.

Además, el desarrollo de políticas y prácticas sostenibles basadas en investigaciones sólidas puede fomentar la eficiencia energética y la responsabilidad ambiental en los astilleros. La inversión en sistemas de monitoreo ambiental efectivos permite identificar y corregir problemas ambientales potenciales de manera temprana.

En última instancia, la responsabilidad social y la sostenibilidad no solo son beneficiosas para el medio ambiente, sino que también resultan en ahorros económicos y una mejor posición en el mercado para las empresas de astilleros. La investigación continua y la implementación de prácticas sostenibles son cruciales para garantizar la viabilidad a largo plazo de esta industria y su contribución a un futuro más sostenible.

REFERENCIAS

- [1] N. Hadžić, H. Kozmar, y M. Tomić, “Feasibility of investment in renewable energy systems for shipyards”, *Brodogradnja*, vol. 69, núm. 2, pp. 1–16, jun. 2018, doi: 10.21278/brod69201.
- [2] R. Ashari, T. E. B. Soesilo, y H. Herdiansyah, “Strategy for shipyard industrial waste management in controlling water and air pollution in ship repair”, *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*, vol. 716, núm. 1, p. 012009, mar. 2021, doi: 10.1088/1755-1315/716/1/012009.
- [3] S. Vakili, A. Schönborn, y A. I. Ölçer, “The road to zero emission shipbuilding Industry: A systematic and transdisciplinary approach to modern multi-energy shipyards”, *Energy Conversion and Management: X*, vol. 18, p. 100365, abr. 2023, doi: 10.1016/j.ecmx.2023.100365.
- [4] K. Kim, K. Park, G. Roh, C. Choung, K. Kwag, y W. Kim, “Proposal of Zero-Emission Tug in South Korea Using Fuel Cell/Energy Storage System: Economic and Environmental Long-Term Impacts”, *J Mar Sci Eng*, vol. 11, núm. 3, p. 540, mar. 2023, doi: 10.3390/jmse11030540.
- [5] Z. Zhang, L. Wu, Z. Wu, W. Zhang, S. Jia, y T. Peng, “Energy-Saving Oriented Manufacturing Workshop Facility Layout: A Solution Approach Using Multi-Objective Particle Swarm Optimization”, *Sustainability*, vol. 14, núm. 5, p. 2788, feb. 2022, doi: 10.3390/su14052788.
- [6] M. Tantan y H. C. Akdağ, “The Effect of Green Supply Chain Management Practices on the Sustainability Performance of Turkish Shipyards”, *Sustainability*, vol. 15, núm. 8, p. 6677, abr. 2023, doi: 10.3390/su15086677.
- [7] Y. Praharsi, M. A. Jami’in, G. Suhardjito, y H.-M. Wee, “Modeling of an Industrial Ecosystem at Traditional Shipyards in Indonesia for the Sustainability of the Material Supply Chain”, en *2020 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, IEEE, dic. 2020, pp. 1–4, doi: 10.1109/IEEM45057.2020.9309750.
- [8] M. T. Demneh y Z. H. Darani, “From remembering to futuring: preparing children for Anthropocene”, *J Environ Stud Sci*, vol. 10, núm. 4, pp. 369–379, dic. 2020, doi: 10.1007/s13412-020-00634-5.
- [9] H. Bu, X. Zhu, Z. Ge, T. Yang, Z. Yan, y Y. Tang, “A Decomposition-Based Multi-Objective Evolutionary Algorithm for Solving Low-Carbon Scheduling of Ship Segment Painting”, *Coatings*, vol. 14, núm. 3, p. 368, mar. 2024, doi: 10.3390/coatings14030368.
- [10] W. Brown, A. Kostareli, y I. Sealy, “Environmental Management in the Oil & Gas Industry, A Guide to Environmental Management Good Practices in the Upstream Oil & Gas Industry – Second Edition”, en *SPE International Conference and Exhibition on Health, Safety, Environment, and Sustainability*, SPE, jul. 2020, doi: 10.2118/199456-MS.
- [11] M. Celadyn, “Integrative Design Classes for Environmental Sustainability of Interior Architectural Design”, *Sustainability*, vol. 12, núm. 18, p. 7383, sep. 2020, doi: 10.3390/su12187383.
- [12] A. Staniewska *et al.*, “Framework for the Design of a Small Transport Hub as an Interdisciplinary Challenge to Implement Sustainable Solutions”, *Sustainability*, vol. 15, núm. 14, p. 10975, jul. 2023, doi: 10.3390/su151410975.
- [13] R. Frei, L. Jack, y S. Krzyzaniak, “Sustainable reverse supply chains and circular economy in multichannel retail returns”, *Bus Strategy Environ*, vol. 29, núm. 5, pp. 1925–1940, jul. 2020, doi: 10.1002/bse.2479.
- [14] C. R. Bening, S. Kahlert, y E. Asiedu, “The true cost of solving the plastic waste challenge in developing countries: The case of Ghana”, *J Clean Prod*, vol. 330, p. 129649, ene. 2022, doi: 10.1016/j.jclepro.2021.129649.
- [15] A. H. Md Daud, M. Harun, J. Jeevan, y N. H. Mohd Salleh, “A systematic review of the current trends and

- potential practices of green shipbuilding”, *Australian Journal of Maritime & Ocean Affairs*, vol. 16, núm. 1, pp. 105–126, ene. 2024, doi: 10.1080/18366503.2023.2194120.
- [16] A. Azhar, N. Harahab, F. Putra, y A. Kurniawan, “Environmental sustainability criteria in the multi-oriented shipbuilding industry in Indonesia”, *Australian Journal of Maritime & Ocean Affairs*, vol. 16, núm. 4, pp. 410–430, oct. 2024, doi: 10.1080/18366503.2023.2268303.
- [17] X. Wen, Q. Chen, Y.-Q. Yin, Y. Lau, y M. A. Dulebenets, “Multi-Objective Optimization for Ship Scheduling with Port Congestion and Environmental Considerations”, *J Mar Sci Eng*, vol. 12, núm. 1, p. 114, ene. 2024, doi: 10.3390/jmse12010114.
- [18] J. W. Strandhagen, S.-V. Buer, M. Semini, E. Alfnes, y J. O. Strandhagen, “Sustainability challenges and how Industry 4.0 technologies can address them: a case study of a shipbuilding supply chain”, *Production Planning & Control*, vol. 33, núm. 9–10, pp. 995–1010, jul. 2022, doi: 10.1080/09537287.2020.1837940.
- [19] A. Di Vaio, L. Varriale, M. Lekakou, y E. Stefanidaki, “Cruise and container shipping companies: a comparative analysis of sustainable development goals through environmental sustainability disclosure”, *Maritime Policy & Management*, vol. 48, núm. 2, pp. 184–212, feb. 2021, doi: 10.1080/03088839.2020.1754480.
- [20] D. Tremblay, S. Gowsy, O. Riffon, J.-F. Boucher, S. Dubé, y C. Villeneuve, “A Systemic Approach for Sustainability Implementation Planning at the Local Level by SDG Target Prioritization: The Case of Quebec City”, *Sustainability*, vol. 13, núm. 5, p. 2520, feb. 2021, doi: 10.3390/su13052520.
- [21] A. Christodoulou y K. Cullinane, “Potential for, and drivers of, private voluntary initiatives for the decarbonisation of short sea shipping: evidence from a Swedish ferry line”, *Maritime Economics & Logistics*, vol. 23, núm. 4, pp. 632–654, dic. 2021, doi: 10.1057/s41278-020-00160-9.
- [22] J. F. Sant’ Ana, A. B. da Silva Filho, y N. N. Pereira, “Identification of sustainable practices applied to ship recycling”, *J Clean Prod*, vol. 389, p. 136050, feb. 2023, doi: 10.1016/j.jclepro.2023.136050.