



Propuesta estratégica de exportación de turbinas eólicas desde Colombia hacia Estados Unidos

Pablo Rendón Molina

Michelle Juliana Zapata Osorio

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Antioquia y Chocó

Sede Bello (Antioquia)

Programa Tecnología en Mercadeo Internacional

marzo de 2025

Propuesta estratégica de exportación de turbinas eólicas desde Colombia hacia Estados Unidos

Pablo Rendon Molina

Michelle Juliana Zapata Osorio

Trabajo de investigación e innovación

presentado como requisito para optar al título de Tecnólogo en Gestión de Mercadeo

Asesor

Vladimir Álvarez Rojas

Mg. Administración de Organizaciones

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Antioquia y Chocó

Centro Universitario Bello (Antioquia)

Programa Tecnología en Mercadeo Internacional

mayo de 2025

Contenido

Lista de tablas	5
Resumen	6
Abstract.....	7
Introducción	8
CAPITULO I	9
1 Planteamiento del Problema	9
1.1 Descripción del Problema	10
1.2 Formulación del Problema	11
2 Objetivos	11
2.1 Objetivo General.....	11
2.1.1 Objetivos específicos	11
3 Justificación.....	12
3.1 Marco teórico.....	14
3.2 Teoría de la ventaja competitiva.....	17
3.3 Teoría del diamante de Porter.....	18
3.4 Teoría de la logística integral.....	19
3.5 Teoría institucional del comercio internacional.....	20
3.6 Teoría de la sostenibilidad empresarial	20
CAPÍTULO II	21
4 Diagnostico.....	21
4.1 Descripción del producto o servicio.....	21
4.2 Descripción de país a exportar.....	22
4.3 Inteligencia de mercados (Tamaño del mercado, demandantes, proceso de distribución, matriz de competidores).....	24
4.4 Segmentación.....	26
4.5 Posicionamiento Internacional	28

4.5.1 Aplicación de matrices (PEST, DOFA, 5 FUERZAS DE PORTER)	28
4.5.2 Mezcla de Mercadeo.....	31
4.5.3 Cronograma de Gantt (Responsables, recursos indicadores de seguimiento).....	32
CAPÍTULO III	33
5 Diseño Metodológico.....	33
5.1 Línea de investigación institucional (Programa académico).....	33
5.2 Eje temático (Programa académico).....	33
5.3 Enfoque de investigación y paradigma investigativo (cualitativo, cuantitativo).....	33
5.4 Diseño (experimental, no experimental)	34
5.4.1 (exploratorio, descriptivo, correlacional, explicativo)	34
CAPÍTULO IV.....	36
6 Conclusiones.....	36
CAPÍTULO V.....	37
7 Recomendaciones	37
Referencias.....	39

Lista de tablas

1. Matriz de competidores	25
<u>2.</u> Analisis PESTEL del sector exportador	28
3 Matriz DOFA del sector eolico Colombiano	29
4. Analisis fuerzasn de PORTER en el sector economico	30
5. Cronograma de Gantt.....	32

Resumen

Este proyecto analiza la viabilidad y competitividad de exportar turbinas eólicas fabricadas en Colombia hacia Estados Unidos. Se identifican los principales factores técnicos, geopolíticos, regulatorios y comerciales que influyen en el proceso de internacionalización del producto. La investigación se fundamenta en un enfoque metodológico mixto, con diseño no experimental y alcance descriptivo, apoyada en fuentes secundarias, matrices de diagnóstico (DOFA, PEST, Porter) y estrategias de marketing internacional. Como resultado, se propone una estrategia de exportación centrada en la diferenciación del producto mediante su adaptabilidad a terrenos complejos, cumplimiento normativo, servicio postventa especializado y ventajas logísticas derivadas del Tratado de Libre Comercio entre Colombia y EE.UU. Se concluye que Colombia puede posicionarse en nichos de mercado medianos y comunitarios del sector eólico estadounidense, aportando soluciones tecnológicas viables, sostenibles y competitivas.

Palabras clave: Energía eólica, exportación, turbinas, mercados internacionales, comercio exterior, Estados Unidos.

Abstract

Keywords: Wind energy, export, turbines, international markets, foreign trade, United States.

This project analyzes the feasibility and competitiveness of exporting wind turbines manufactured in Colombia to the United States. The study identifies the main technical, geopolitical, regulatory, and commercial factors affecting the internationalization process. The research follows a mixed methodological approach, with a non-experimental design and descriptive scope, supported by secondary sources, diagnostic matrices (SWOT, PEST, Porter), and international marketing strategies. As a result, an export strategy is proposed, focused on product differentiation through adaptability to complex terrains, regulatory compliance, specialized after-sales service, and logistical advantages from the Colombia-U.S. Free Trade Agreement. It is concluded that Colombia can position itself in medium and community segments of the U.S. wind energy market, offering viable, sustainable, and competitive technological solutions.

Introducción

El impulso global por adoptar energías sostenibles ha crecido de manera significativa en una respuesta a la necesidad de reducir la dependencia de combustibles fósiles y mitigar los efectos del cambio climático. Entre estas diversas fuentes renovables, la energía eólica se ha posicionado como una de las más eficientes y utilizadas, ya que gracias a su capacidad para generar electricidad de forma limpia y constante. En este panorama, Estados Unidos se consolida como un actor clave en la generación eólica, gracias a políticas de incentivo, una infraestructura tecnológica desarrollada y un entorno normativo favorable.

Colombia ha fortalecido sus capacidades industriales en el diseño, fabricación y ensamblaje de turbinas eólicas, lo que nos abre campo a una posibilidad de proyectar su tecnología en mercados internacionales. No obstante, para que una empresa colombiana incursione con éxito en el mercado estadounidense, es necesario considerar múltiples variables: desde la normatividad técnica y las exigencias regulatorias, hasta su logística de exportación, costos arancelarios, la competencia y su percepción como producto extranjero

Este trabajo de investigación tiene como objetivo estudiar los factores que afectan la competitividad de la exportación de turbinas eólicas colombianas hacia Estados Unidos, así como plantear estrategias que permitan superar los obstáculos identificados. A partir de un enfoque integral, se realiza un diagnóstico del entorno comercial, se caracteriza el producto exportable y se diseña una propuesta de posicionamiento que aproveche las ventajas comparativas de Colombia. Los hallazgos de esta investigación buscan aportar tanto al desarrollo académico del comercio exterior como al fortalecimiento de iniciativas reales de internacionalización tecnológica. (Naciones Unidas, s.f.)

Capítulo I

Planteamiento del Problema

El incremento en la demanda global de energía y la necesidad de reducir la dependencia de combustibles fósiles han impulsado el desarrollo de fuentes de energía renovables, entre las cuales la energía eólica se ha consolidado como una alternativa viable y sostenible. No obstante, la eficiencia de los aerogeneradores depende de múltiples factores, siendo la variabilidad del viento uno de los más determinantes. En terrenos complejos, como áreas montañosas y boscosas, las condiciones del flujo de viento presentan características particulares que pueden afectar la producción de energía, debido a fenómenos como la turbulencia, la variabilidad en la dirección del viento y la recuperación de la estela de las turbinas.

A pesar del avance en tecnologías de medición y modelado numérico, existe una brecha en el conocimiento sobre el impacto de la topografía en la eficiencia de los parques eólicos terrestres. La mayoría de los estudios previos se han centrado en emplazamientos planos, dejando un vacío en la comprensión de la interacción entre el viento y terrenos irregulares. Este desconocimiento representa un desafío para el diseño y optimización de parques eólicos en estos entornos, lo que puede comprometer su viabilidad económica y operativa.

Dado que la correcta evaluación de las condiciones del viento es un requisito fundamental en la planificación de un parque eólico, es necesario profundizar en el estudio del comportamiento del flujo en terrenos complejos. Comprender la dinámica de la Capa Límite Atmosférica (CLA), la recuperación de la estela y el impacto de los obstáculos naturales permitirá desarrollar estrategias más eficientes para el aprovechamiento del viento y la optimización del rendimiento de los aerogeneradores. (Estudios de impacto ambiental en energía eólica, 2015)

1.1 Descripción del Problema

Dado que las corrientes de aire son intermitentes y, en muchos casos, no tienen la potencia requerida, este tipo de energía puede presentar grandes problemas de inestabilidad e ineficiencia. Esto genera la necesidad de aprovechar al máximo los flujos de aire disponibles en la región donde se pretende implementar estos sistemas.

La exportación de turbinas eólicas enfrenta diversos desafíos que afectan su competitividad y seguridad en el mercado internacional. A continuación, se detallan algunos de los problemas más relevantes: (CEPA, 2000-2005)

1.1 Dependencia de Proveedores Extranjeros y Riesgos Geopolíticos

China domina la fabricación de turbinas eólicas, lo que genera preocupaciones sobre la dependencia de proveedores extranjeros. Esta dependencia puede exponer a los países importadores a riesgos geopolíticos, como ciberataques o manipulación durante conflictos internacionales, especialmente en situaciones de tensión con China.

1.2 Competencia de Precios y Subsidios Estatales

Los fabricantes chinos ofrecen turbinas eólicas a precios significativamente más bajos que sus competidores occidentales, debido en parte a subsidios gubernamentales y economías de escala (Análisis de la normativa e impacto en el medio ambiente, 2024). Esta competencia de precios dificulta que otros países exporten sus propias turbinas eólicas y mantengan una posición competitiva en el mercado global.

1.3 Barreras Comerciales y Arancelarias

Para proteger sus industrias locales, algunos países han implementado aranceles más altos a las importaciones de turbinas eólicas. Estas medidas pueden afectar la competitividad de las exportaciones de turbinas eólicas y generar tensiones comerciales internacionales. (CEPAL, 2000–2005)

1.4 Falta de Consenso en la Definición de Bienes Medioambientales

La ausencia de una definición clara y consensuada de qué constituye un "bien medioambiental" dificulta la liberalización del comercio de estos productos, incluyendo las turbinas eólicas. Esta ambigüedad puede generar barreras comerciales adicionales y retrasar la transición hacia una economía verde.

1.2 Formulación del Problema

¿Cuáles son los factores determinantes que influyen en la competitividad y viabilidad de exportar turbinas eólicas desde Colombia hacia Estados Unidos, teniendo en cuenta las limitaciones técnicas, los desafíos geopolíticos, las barreras comerciales y la ausencia de acuerdos internacionales sólidos sobre bienes medioambientales?

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

Analizar los factores que afectan la competitividad y viabilidad de la exportación de turbinas eólicas desde Colombia hacia mercados internacionales, considerando los desafíos técnicos, geopolíticos, comerciales y regulatorios, con el fin de diseñar una estrategia que optimice la gestión aduanera, reduzca costos operativos y garantice el cumplimiento de estándares de calidad, sostenibilidad y comercio internacional

Objetivos específicos

Evaluar el impacto de factores geopolíticos en la exportación de turbinas eólicas, considerando conflictos comerciales, restricciones gubernamentales y tratados internacionales

Indagar como la falta de consenso internacional sobre bienes medioambientales afecta la comercialización de turbinas eólicas y que estrategias pueden mitigar este impacto

Diseñar una estrategia de exportación que optimice la gestión aduanera, minimice costos operativos y garantice el cumplimiento de las normativas internacionales.

Justificación

La creciente demanda de energías renovables en Estados Unidos representa una oportunidad estratégica para la exportación de turbinas eólicas desde Colombia. La industria eólica estadounidense ha experimentado un crecimiento sostenido, alcanzando una capacidad instalada de 152 GW en 2023, con Texas, Iowa y Oklahoma liderando la generación eléctrica a partir del viento. Sin embargo, la incursión en este mercado presenta desafíos significativos, como el cumplimiento de normativas internacionales, la competencia con fabricantes locales y la gestión eficiente de costos logísticos y arancelarios.

Actualmente, la empresa fabricante de turbinas en Colombia desarrolla actividades clave como diseño, producción, ensamblaje, control de calidad, distribución y servicio postventa. Sin embargo, para

expandirse internacionalmente, es fundamental comprender los requisitos regulatorios de la Comisión Federal de Regulación de Energía (FERC) y la Administración de Información de Energía (EIA), así como las barreras arancelarias y técnicas que pueden impactar la competitividad.

Los beneficios de abordar esta problemática son significativos. A nivel general, la internacionalización permite diversificar mercados, incrementar ingresos y fortalecer la reputación de la empresa en un sector altamente competitivo. Además, cumplir con estándares internacionales no solo facilita la exportación a EE.UU., sino que también abre puertas a otros mercados con altos requerimientos de calidad.

Los beneficiarios directos incluyen la empresa exportadora, que podrá ampliar su cuota de mercado, y sus empleados, quienes se verán favorecidos con nuevas oportunidades laborales. Indirectamente, la cadena de suministro local se fortalecerá con un aumento en la demanda de componentes y servicios logísticos. Además, la economía nacional se beneficiará del incremento en exportaciones, mejorando la balanza comercial del país.

En el contexto global, la transición hacia energías limpias es una prioridad para la sostenibilidad ambiental. La exportación de turbinas eólicas colombianas contribuirá a la reducción de emisiones de carbono y al cumplimiento de compromisos internacionales en energía renovable. Además, acceder a incentivos y subsidios en EE.UU., como los créditos fiscales para energías renovables, mejorará la rentabilidad del proyecto.

En respuesta a la pregunta de investigación, este trabajo considera que los principales factores que afectan la competitividad y viabilidad de exportar turbinas eólicas desde Colombia hacia Estados Unidos son: las exigencias técnicas del mercado estadounidense, los desafíos regulatorios y normativos que implican certificaciones internacionales, las fluctuaciones en las relaciones comerciales bilaterales, y la ausencia de un marco internacional claro sobre bienes medioambientales. Estos elementos inciden

directamente en la capacidad de las empresas colombianas para competir, adaptarse y consolidarse en un entorno internacional altamente regulado y competitivo.

Además, la internacionalización de productos tecnológicos contribuye a la dinamización de la economía nacional, al fortalecimiento de cadenas de valor locales y a la inserción de Colombia en la industria global de energías renovables. Este estudio ofrece herramientas para la toma de decisiones tanto en el ámbito académico como empresarial.

3.1 Marco teórico

3.1. Introducción a la Energía Eólica

La energía eólica es una de las fuentes renovables más utilizadas a nivel mundial debido a su disponibilidad y bajo impacto ambiental en términos de emisiones de carbono. Se basa en la conversión de la energía cinética del viento en energía eléctrica mediante aerogeneradores, cuyo diseño y eficiencia han evolucionado con el avance de la tecnología.

El aprovechamiento del viento para la generación eléctrica se ha expandido significativamente en las últimas décadas. Según la Agencia Internacional de Energía Renovable (IRENA, 2023), la capacidad instalada global ha crecido de manera exponencial, impulsada por políticas gubernamentales de transición energética y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. (IRENA, 2023)

3.2 Dinámica del Viento y la Capa Límite Atmosférica (CLA)

El comportamiento del viento en la atmósfera está influenciado por factores geográficos, climáticos y topográficos. En particular, la Capa Límite Atmosférica (CLA) juega un papel fundamental en la distribución de velocidades y juega un papel fundamental en la distribución de velocidades y turbulencias del viento. Esta capa se encuentra en constante interacción con el terreno y otros obstáculos, lo que afecta la eficiencia de los aerogeneradores.

Las principales características del viento en el CLA incluyen:

Perfil vertical de velocidad: A medida que se incrementa la altitud, la velocidad del viento aumenta debido a la reducción de la fricción con la superficie terrestre.

Turbulencia atmosférica: Factores como la rugosidad del terreno y la presencia de obstáculos naturales o artificiales generan variaciones en la velocidad y dirección del viento.

Variabilidad del viento: Las fluctuaciones temporales pueden afectar la estabilidad de la generación de energía eólica.

3. Energía Eólica en Terrenos Complejos

La mayoría de los estudios sobre energía eólica se han centrado en emplazamientos con condiciones topográficas simples, como llanuras o zonas costeras. Sin embargo, los terrenos complejos, como montañas y bosques, presentan desafíos adicionales para la instalación y operación de aerogeneradores.

3.1. Impacto del Terreno en el Flujo de Viento

En terrenos irregulares, la interacción entre la topografía y el viento genera efectos como:

Aceleración y canalización del viento: En zonas de valles o colinas, el viento puede aumentar su velocidad debido a efectos de compresión.

Mayor turbulencia: La presencia de obstáculos naturales, como la presencia de obstáculos naturales, como árboles o montañas, genera patrones de flujo caótico que pueden reducir la eficiencia de los aerogeneradores.

Desviaciones en la dirección del viento: En terrenos accidentados, el viento no sigue una dirección uniforme, lo que dificulta la alineación óptima de las turbinas.

3.2. Recuperación de la Estela de los Aerogeneradores

Las turbinas eólicas generan una región de estela en la que la velocidad del viento disminuye y la turbulencia aumenta. En terrenos complejos, la recuperación de la estela puede verse afectada por la variabilidad del viento y la interacción con la orografía del lugar. Un diseño óptimo del parque eólico debe considerar estos efectos para minimizar las pérdidas de energía.

4. Métodos de Estudio del Flujo de Viento en Terrenos Complejos

Para comprender el comportamiento del viento en terrenos complejos, se emplean tres enfoques principales:

Medicamentos en el campo: Se utilizan anemómetros y torres meteorológicas para registrar la velocidad y dirección del viento en distintos puntos del terreno.

Experimentos en túneles de viento: Permiten analizar el efecto de la topografía en un entorno controlado y escalado.

Simulaciones numéricas: Herramientas como la Dinámica de Fluidos Computacional (CFD) permiten modelar el flujo del viento en distintos escenarios y optimizar el diseño de parques eólicos.

5. Retos y Oportunidades en la Implementación de Parques Eólicos en Terrenos Complejos

A pesar de los desafíos técnicos y logísticos que presenta la instalación de aerogeneradores en terrenos accidentados, estos entornos ofrecen oportunidades para el desarrollo de energía eólica. En regiones montañosas, por ejemplo, las velocidades del viento suelen ser más altas, lo que puede aumentar la producción de energía.

Para optimizar la viabilidad de estos proyectos, es fundamental mejorar los modelos de predicción del viento, diseñar turbinas adaptadas a condiciones de alta turbulencia y desarrollar estrategias para minimizar los efectos de la estela en parques eólicos ubicados en terrenos complejos.

líquida, esto implica desarrollar estrategias relacionada con el producto (calidad y presentación). Precio (competitivo o premium). Plaza (canales de distribución) y promoción (destacando los atributos de la panela saborizada líquida).

Teoría de la Ventaja Comparativa – David Ricardo

La teoría de la ventaja comparativa, formulada por David Ricardo, establece que un país debe enfocarse en producir aquellos bienes que puede fabricar con un menor costo de oportunidad, aunque otro país pueda ser más eficiente en términos absolutos. En el contexto del proyecto, Colombia ha desarrollado capacidades competitivas en el diseño y producción de turbinas eólicas, especialmente adaptadas a terrenos geográficamente complejos. Esto permite al país posicionarse como proveedor de soluciones específicas que otros países, como EE.UU., podrían producir, pero a un costo más elevado debido a las condiciones de especialización de sus industrias.

Este fundamento teórico es especialmente relevante cuando se considera que la industria eólica colombiana todavía es emergente, pero cuenta con mano de obra calificada, costos de fabricación más bajos y alianzas estratégicas que facilitan su inserción en mercados externos. En este sentido, Colombia no necesita competir con gigantes como General Electric en escala de producción, sino en nichos donde su diseño técnico y capacidad de personalización sean valorados.

Aplicar la ventaja comparativa permite que Colombia utilice eficientemente sus recursos y se enfoque en exportar turbinas adaptadas a mercados con demandas específicas, como el estadounidense (Ricardo, 1817/2004).

Teoría del Diamante de Porter

El modelo del diamante de Porter argumenta que la competitividad internacional de una industria depende de cuatro factores interrelacionados: condiciones de los factores (recursos), demanda

interna, industrias relacionadas y estrategia, estructura y rivalidad de las empresas. Este proyecto se fundamenta en varios de estos pilares. Colombia ha fortalecido su entorno industrial en el sector energético, posee ingenieros formados en energías renovables y cuenta con condiciones climáticas, geográficas y económicas propicias para desarrollar soluciones eólicas competitivas.

Además, la presión de la demanda local por soluciones sostenibles ha generado una base sólida para la innovación, lo cual permite que las turbinas diseñadas en Colombia tengan características únicas, como adaptabilidad a terrenos irregulares o sistemas de soporte técnico especializado. Esto mejora su atractivo internacional, especialmente en regiones de Estados Unidos donde la topografía presenta retos similares.

Según Porter, el entorno nacional impulsa o limita la ventaja competitiva internacional, y en este caso, el sistema colombiano ofrece las condiciones necesarias para exportar productos diferenciados y estratégicos como turbinas eólicas (Porter, 1990).

Teoría de la Logística Integral – Martin Christopher

En el comercio internacional, la logística no puede verse como una serie de pasos desconectados, sino como un sistema integral que optimiza el flujo de bienes desde el proveedor hasta el cliente final. La propuesta de exportación de turbinas eólicas se apoya en esta visión: plantea una operación logística multimodal (terrestre-marítima-terrestre), que involucra puertos colombianos como Cartagena y Buenaventura, conexiones con terminales en Estados Unidos y transporte especializado hasta los sitios de instalación.

Además, la elección de operadores logísticos como DSV, con experiencia en el manejo de componentes sobredimensionados del sector eólico, refuerza el principio de coordinación entre actores. El proyecto considera la reducción de tiempos, costos, riesgos de daños y cumplimiento normativo como ejes logísticos claves para asegurar una entrega eficiente.

La planificación basada en la logística integral no solo respalda el éxito operativo del proyecto, sino que lo convierte en una solución confiable y competitiva para los clientes en EE.UU. (Christopher, 2016).

Teoría Institucional del Comercio Internacional – Douglass North

El éxito de una operación de comercio internacional depende en gran medida de las instituciones formales que regulan dicho intercambio. En este proyecto, se reconoce la importancia de cumplir con estándares y certificaciones exigidos por entidades como la FERC (Federal Energy Regulatory Commission) y la UL (Underwriters Laboratories), lo que constituye un paso fundamental para garantizar la legalidad y aceptación técnica del producto en Estados Unidos.

Además, la existencia del Tratado de Libre Comercio (TLC) entre Colombia y EE.UU. facilita condiciones como reducción de aranceles y simplificación de trámites aduaneros. Estas reglas formales no solo reducen la incertidumbre para el exportador colombiano, sino que también ofrecen garantías institucionales al comprador estadounidense.

Tal como lo plantea North, las instituciones definen los incentivos del comercio global, y en este caso, el marco regulatorio y los tratados internacionales respaldan firmemente la viabilidad del proyecto de exportación (North, 1990).

Teoría de la Sostenibilidad Empresarial – John Elkington

El modelo de sostenibilidad empresarial se basa en el enfoque de triple resultado o “triple bottom line”, que promueve la generación de valor económico, ambiental y social de forma simultánea. Este proyecto no solo busca rentabilidad al exportar turbinas eólicas, sino que también apunta a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, apoyar la transición energética y crear empleo en el sector industrial colombiano.

El impacto positivo en el medio ambiente es directo: las turbinas ayudan a diversificar la matriz energética, reduciendo la dependencia de fuentes fósiles. A nivel social, se generan oportunidades laborales en diseño, manufactura y logística, fortaleciendo la cadena de valor nacional. Además, se mejora la imagen internacional de Colombia como proveedor de soluciones tecnológicas sostenibles.

Este enfoque está alineado con los principios de sostenibilidad empresarial, reforzando que el proyecto no solo es viable económicamente, sino también responsable y necesario para el entorno global (Elkington, 1997).

Capítulo II

4. Diagnostico

4.1 Descripción del producto o servicio

La turbina eólica modelo TEH-500kW es un equipo electromecánico diseñado para transformar el movimiento del viento en energía eléctrica de forma eficiente y sostenible. Este tipo de tecnología pertenece a la categoría de aerogeneradores de eje horizontal, siendo la más utilizada en parques eólicos alrededor del mundo por su alto rendimiento y estabilidad operativa. Su diseño está pensado para adaptarse a condiciones geográficas complejas, como zonas montañosas o regiones con cambios frecuentes en la dirección y velocidad del viento, lo que la convierte en una solución versátil para proyectos de energía renovable tanto en áreas rurales como industriales.

En términos físicos, esta turbina está compuesta por una torre tubular de 80 metros de altura que sostiene un rotor con tres aspas, las cuales alcanzan un diámetro de 90 metros en total. Cada aspa mide aproximadamente 44.5 metros de largo y está fabricada con materiales compuestos de alta resistencia, principalmente fibra de vidrio reforzada con resina epoxi, lo que les permite soportar grandes esfuerzos mecánicos sin comprometer su peso estructural. La góndola, ubicada en la parte superior de la torre, alberga el generador, el sistema de control y otros componentes críticos como el eje de transmisión y el sistema de orientación automática, que ajusta la posición del rotor según la dirección del viento. Todo el sistema está protegido contra la corrosión y preparado para operar bajo condiciones climáticas adversas.

Este modelo en particular tiene una capacidad nominal de generación de 500 kilovatios (kW), lo cual lo ubica en un rango medio ideal para proyectos que no requieren grandes extensiones de terreno

pero sí una generación constante de energía. Funciona con velocidades de viento que oscilan entre los 3 y los 25 metros por segundo, siendo más eficiente alrededor de los 12 m/s. El propósito principal de este aerogenerador es alimentar redes eléctricas locales, integrarse en sistemas de generación distribuida o complementar proyectos de autosuficiencia energética en zonas donde las fuentes tradicionales de energía presentan limitaciones. Su diseño permite además su integración en estrategias de desarrollo sostenible, reducción de emisiones contaminantes y fomento de energías limpias a nivel regional o nacional.

Descripción de país a exportar

Estados Unidos se ha posicionado como uno de los líderes mundiales en la transición hacia energías renovables, siendo el segundo mayor generador de energía eólica a nivel global. Con una capacidad instalada que supera los 152 GW, el país ha invertido fuertemente en el desarrollo de parques eólicos onshore y offshore, particularmente en estados como Texas, Iowa y California. Este crecimiento ha sido impulsado por incentivos federales como los créditos fiscales del Inflation Reduction Act (IRA), así como por la demanda creciente de energía limpia y la necesidad de diversificar su matriz energética. El mercado eólico estadounidense se caracteriza por su alto nivel de competencia, sofisticación tecnológica y regulaciones estrictas, lo que representa tanto un desafío como una oportunidad para nuevos actores internacionales.

En este contexto, las relaciones comerciales entre Colombia y Estados Unidos juegan un papel estratégico. Gracias al Tratado de Libre Comercio (TLC), vigente desde 2012, los productos colombianos tienen acceso preferencial al mercado estadounidense, lo que incluye la reducción o eliminación de aranceles para bienes de capital y tecnologías limpias. Esta alianza comercial ha fortalecido la cooperación bilateral en áreas como energía, sostenibilidad y comercio exterior. Colombia, al posicionarse como un país comprometido con el desarrollo de energías renovables, encuentra en

Estados Unidos un socio clave para promover la internacionalización de productos tecnológicos como las turbinas eólicas, siempre que se cumplan los estándares técnicos exigidos por organismos como la FERC y la EIA.

El mercado objetivo para la exportación de turbinas eólicas colombianas está conformado principalmente por empresas desarrolladoras de proyectos eólicos de mediana escala en zonas con condiciones topográficas complejas, donde se requieren soluciones adaptables y eficientes. Asimismo, contratistas de infraestructura energética, gobiernos estatales y proyectos comunitarios orientados a la autosuficiencia energética representan oportunidades concretas de inserción. La propuesta colombiana busca impactar este nicho mediante turbinas con menores costos de adquisición, diseño optimizado para terrenos irregulares y respaldo técnico especializado, permitiendo así una entrada competitiva y estratégica al mercado estadounidense.

Inteligencia de mercados (Tamaño del mercado, demandantes, proceso de distribución, matriz de competidores)

Tamaño del mercado

El mercado eólico en Estados Unidos ha experimentado un crecimiento sostenido durante la última década, consolidándose como el segundo más grande del mundo. En 2023, la capacidad instalada superó los 152 GW, con una participación del 10.2% en la matriz energética nacional (IRENA, 2023). La Administración de Información Energética (EIA) proyecta que la capacidad eólica alcanzará los 210 GW para 2030, impulsada por políticas públicas de transición energética, incentivos fiscales y el creciente compromiso con la descarbonización.

En términos financieros, el valor del mercado de turbinas eólicas en EE.UU. se estima en más de USD 20.000 millones anuales (IRENA, 2023), incluyendo la fabricación, instalación, operación y mantenimiento. Si bien la mayor parte de este mercado es dominado por empresas locales e internacionales consolidadas, existe un segmento de proyectos de mediana escala (1-10 MW) donde fabricantes emergentes pueden competir ofreciendo soluciones especializadas, adaptadas a terrenos complejos y con menores costos de adquisición.

Principales demandantes

El perfil de los demandantes de turbinas eólicas en Estados Unidos se compone principalmente de:

Empresas desarrolladoras de energía renovable (como NextEra Energy, Invenenergy, Ørsted US).

Contratistas EPC (ingeniería, procura y construcción) especializados en infraestructura energética.

Gobiernos estatales y locales, especialmente en estados con metas ambiciosas de energías limpias.

Cooperativas eléctricas rurales y proyectos comunitarios de generación distribuida.

Fondos de inversión y bancos verdes, interesados en activos sostenibles de largo plazo.

Estos actores buscan tecnologías que cumplan con normas como la UL 6142, la certificación ISO, y las disposiciones de la FERC, además de requerir soporte técnico, servicio postventa y garantía de operación eficiente.

Proceso de distribución

El proceso de distribución de turbinas eólicas en Estados Unidos requiere una logística internacional compleja, que incluye:

Transporte internacional por vía marítima (preferiblemente contenedores especiales o carga sobredimensionada) desde puertos colombianos como Cartagena o Buenaventura hacia puertos en la Costa Este o el Golfo (Houston, Norfolk o Savannah).

Despacho aduanero en EE.UU., bajo los términos del TLC, cumpliendo con la documentación exigida (certificado de origen, UL Listing, licencia de importación si aplica).

Distribución terrestre mediante transportistas especializados en carga sobredimensionada hasta el sitio del proyecto.

Instalación en sitio, a cargo de la empresa desarrolladora o contratistas aliados.

Servicio postventa, incluido el monitoreo remoto, mantenimiento predictivo y soporte técnico para la operación de la turbina.

Matriz de competidores

Factores Críticos de Éxito	Ponderación	GE Vernova	Vestas	Siemens Gamesa
Calidad y tecnología del producto	0.2	0.80	0.80	0.80
Costo del producto	0.15	0.30	0.30	0.30
Adaptabilidad a terrenos complejos	0.1	0.30	0.30	0.20
Cumplimiento normativo (UL, FERC)	0.15	0.60	0.60	0.60
Red logística en EE.UU.	0.1	0.40	0.30	0.30
Reputación de marca	0.1	0.40	0.40	0.30
Servicio postventa y soporte técnico	0.1	0.40	0.40	0.40
Tiempo de entrega	0.1	0.20	0.20	0.20
Total	1	3.40	3.30	3.10

Nota: La imagen muestra una tabla comparativa de los competidores, en relación con factores críticos.

Segmentación

El producto objeto de exportación está dirigido exclusivamente al mercado empresarial, dado que se trata de una turbina eólica de tipo industrial con una capacidad de generación de 500 kW, cuyo uso está destinado a la producción de energía eléctrica a escala comercial, comunitaria o institucional. Por sus características técnicas, su dimensión física y los requisitos de instalación, este producto no es apto para usuarios individuales o residenciales. El nicho de mercado se encuentra dentro del segmento B2B (Business to Business), enfocado en organizaciones con proyectos de infraestructura energética, ya sean públicas, privadas o mixtas.

Dentro de este segmento, el cliente potencial se identifica como empresas desarrolladoras de energía renovable, firmas contratistas del tipo EPC (Engineering, Procurement and Construction), cooperativas eléctricas rurales y gobiernos locales o estatales con políticas activas de transición energética. Estas organizaciones tienen en común la necesidad de implementar soluciones de generación eléctrica con fuentes limpias, en zonas donde el acceso a la red es limitado o donde las condiciones geográficas requieren tecnologías adaptables. Asimismo, los fondos de inversión en infraestructura verde y las organizaciones no gubernamentales que ejecutan proyectos energéticos en comunidades vulnerables también representan una fracción menor, pero estratégica, del mercado objetivo.

Geográficamente, estos clientes potenciales se concentran en regiones de Estados Unidos con alto recurso eólico y políticas estatales favorables hacia las energías renovables. Entre los estados con mayor potencial se encuentran Texas, Iowa, Oklahoma y Kansas, que lideran la generación eólica a nivel nacional. También existen oportunidades en estados como Colorado, Nuevo México, Arizona, Montana y las Dakotas, donde la topografía es más compleja y existe interés en electrificación descentralizada. En estas zonas, es común que los proyectos energéticos sean impulsados por asociaciones público-privadas,

empresas locales del sector eléctrico o cooperativas que buscan autonomía energética a través de fuentes limpias y sostenibles

Una de las estrategias logísticas más utilizadas y efectivas para movilizar turbinas eólicas y sus componentes es el transporte multimodal, el cual implica combinar diferentes medios de transporte en un mismo proceso de envío. Por ejemplo, una pala de turbina puede ser trasladada inicialmente en camión desde la planta de fabricación hasta un puerto, continuar su trayecto por vía marítima, y finalmente llegar al sitio de instalación en otro camión. Este enfoque permite optimizar rutas, disminuir los tiempos de carga y descarga, y reducir los costos logísticos. No obstante, su implementación requiere una coordinación precisa entre los distintos operadores involucrados y el cumplimiento de normativas específicas para cada medio de transporte y jurisdicción.

DSV se posiciona como un referente global en transporte y logística dentro del sector de energías renovables, respaldado por más de veinte años de experiencia. Su trayectoria en el manejo y traslado de aerogeneradores les ha permitido desarrollar soluciones logísticas integrales, adaptadas a las necesidades específicas del segmento eólico. Esta experiencia convierte a DSV en un aliado estratégico ideal para garantizar el transporte eficiente y seguro de componentes clave en nuestros procesos de exportación. (DSV, 2024)

Posicionamiento Internacional

El posicionamiento internacional de las turbinas eólicas colombianas modelo TEH-500kW está centrado en ofrecer una solución eficiente, adaptable y económica para proyectos de energía renovable de mediana escala en los Estados Unidos, particularmente en estados con condiciones topográficas complejas y una alta demanda de generación eléctrica sostenible.

El objetivo de comunicación internacional será asociar la marca colombiana a valores de innovación, sostenibilidad y eficiencia adaptativa, transmitiendo que su propuesta tecnológica es capaz de responder a las nuevas necesidades del mercado energético norteamericano.

Aplicación de matrices

P	E	S	T	E	L
Políticas de fomento a las energías limpias en EE.UU. TLC Colombia-EE. UU, favorece el acceso al mercado. Inestabilidad política en algunas regiones puede afectar inversiones.	Alto nivel de inversión en proyectos de energía, renovable. Incentivos fiscales para energías limpias. Fluctuaciones en la tasa de cambio peso-dólar afectan costos de exportación.	Alta aceptación social de energías renovables en EE.UU. Demanda creciente or parte de comunidades rurales estados con enfoque en sostenibilidad	Avances constantes en tecnología eólica. alta exigencia de estándares técnicos) certificaciones (UL FERC) Necesidad de innovación para adaptarse a terrenos complejos.	Fuerte presión por reducir huella de carbono. Proyectos de energía limpia bien recibidas ambientalmente estrictiones ambientales en algunas zonas complican permisos.	Reglamentaciones estrictas para certificación de turbinas eólicas en EE.UU. Obligación de cumplimiento de normas ambientales, de construcción y seguridad.

Nota: la tabla muestra los factores externos que afectan el proyecto

FORTALEZAS (F)	OPORTUNIDADES (O)
<ul style="list-style-type: none"> • Es un diseño adaptado a terrenos complejos. • Sus costos de producción son competitivos en Colombia. • Y tiene la capacidad de personalización y soporte técnico especializado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Creciente demanda de energía eólica en EE.UU. • Beneficios arancelarios por el TLC Colombia-EE.UU. • Incentivos fiscales a proyectos de energía renovable en EE.UU.
DEBILIDADES (D)	AMENAZAS (A)
<ul style="list-style-type: none"> • Bajo reconocimiento de marca en el mercado estadounidense. • Bajo reconocimiento de marca en el mercado estadounidense. • Limitada experiencia logística internacional a gran escala. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alta competencia de empresas consolidadas como GE, Vestas y Siemens Gamesa. • Cambios regulatorios o restricciones a importaciones. • Volatilidad en la economía internacional que podría afectar inversiones en energías renovables.

Nota: la figura muestra los factores claves internos y externos del proyecto

Amenaza de nuevos competidores	Media. Aunque la inversión inicial es alta y se requiere alta especialización técnica, la creciente demanda de energías limpias atrae nuevos actores al mercado.
Poder de negociación de los proveedores	Bajo. Colombia tiene acceso a varios proveedores de componentes tecnológicos y materiales compuestos, reduciendo el riesgo de dependencia de un solo proveedor.
Poder de negociación de los compradores	Alto. Los clientes (empresas de energía, gobiernos estatales) son grandes compradores que exigen altos estándares de calidad, precios competitivos y soporte postventa.
Amenaza de productos sustitutos	Baja. Aunque existen otras fuentes de energía renovable (solar, biomasa), la energía eólica sigue siendo una de las más rentables en ciertas regiones específicas de EE.UU.
Rivalidad entre competidores existentes	Alta. El mercado está dominado por grandes jugadores consolidados como GE Vernova, Vestas y Siemens Gamesa, lo que intensifica la competencia en calidad, precio y servicio.

Nota: En el siguiente análisis se representan las variables clave del entorno competitivo, de acuerdo con el modelo de las cinco fuerzas de Porter.

Mezcla de Mercadeo

Esta estrategia de Mezcla de Mercadeo (Marketing Mix) para la exportación de las turbinas eólicas modelo TEH-500kW está diseñada para optimizar su posicionamiento y competitividad en el mercado estadounidense, teniendo en cuenta las características del producto y el perfil de los clientes potenciales.

Producto (Product): Turbina eólica TEH-500kW de eje horizontal, adaptada para terrenos complejos, con altos estándares de calidad, certificaciones internacionales (UL 6142, FERC), servicio postventa, mantenimiento predictivo y garantía extendida. Se comercializa como una solución integral (producto + servicio).

Precio (Price): Política de precios competitivos, aprovechando los menores costos de producción en Colombia y los beneficios arancelarios del TLC. Se establecerá un precio base más planes de financiamiento o leasing para clientes institucionales.

Plaza (Place): Distribución a través de socios logísticos especializados en transporte de cargas sobredimensionadas hacia puertos estratégicos como Houston, Norfolk y Savannah. Comercialización directa con desarrolladores de proyectos energéticos, cooperativas rurales y gobiernos estatales.

Promoción (Promotion): Estrategia de promoción basada en marketing digital B2B (LinkedIn Ads, webinars, correo electrónico), participación en ferias internacionales de energía renovable (AWEA Windpower Conference) y campañas de relaciones públicas enfocadas en innovación, sostenibilidad y adaptabilidad tecnológica. (contenido generado por inteligencia artificial; OpenAI, s.f.)

Cronograma de Gantt

Figura 1
Cronograma de Gantt

ACTIVIDAD	RESPONSABLE	RECURSOS NECESARIOS	INDICADORES
Certificación UL y FERC	Gerente de Calidad	Consultores internacionales, laboratorios de pruebas	Certificación obtenida antes de 6 meses
Diseño de estrategia de entrada al mercado	Director Comercial	Estudio de mercado, consultoría legal y comercial	Plan de internacionalización aprobado
Alianzas con operadores logísticos y distribuidores	Gerente de Logística Internacional	Contratos de transporte, acuerdos con operadores	2 acuerdos logísticos firmados en 4 meses
Participación en ferias de energía renovable	Equipo Comercial y de Ventas	Inscripción a eventos, muestras de producto, material publicitario	Participación en al menos 1 feria anual
Implementación del servicio postventa	Gerente de Postventa	Equipo técnico, plataformas de monitoreo remoto	Reducción del 10% en fallas reportadas en 6 meses

Nota. La imagen muestra la organización de tareas, áreas responsables y recursos para exportar turbinas eólicas a Estados Unidos.

Capítulo III

Diseño Metodológico

Línea de investigación institucional (Programa académico)

En la línea de investigación institucional UNIMINUTO a la que se adscribe este trabajo corresponde a “Innovaciones sociales y productivas” del programa de Tecnología en Mercadeo Internacional. Esta línea va en busca del enfoque y fortalecimiento, análisis de mercados internacionales, procesos de exportación, posicionamiento de productos en el exterior y adaptación a normativas globales, dando un enfoque así en estrategias innovadoras para la inserción competitiva de las empresas colombianas en mercados internacionales.

Eje temático (Programa académico)

El eje temático de este proyecto analítico es "Estrategias de comercialización internacional", orientado al diseño de planes de exportación, inteligencia de mercados, posicionamiento internacional y optimización de procesos logísticos y aduaneros. Este proyecto se centra en estudiar cómo las empresas colombianas pueden adaptar sus productos a las condiciones y exigencias de los mercados extranjeros, particularmente en el sector de energías renovables.

Enfoque de investigación y paradigma investigativo (cualitativo, cuantitativo)

El enfoque metodológico de la investigación es mixto, combinando elementos cualitativos y cuantitativos.

Cualitativo: Para analizar las condiciones del mercado objetivo, las percepciones de los clientes, las barreras de entrada y las tendencias de sostenibilidad.

Cuantitativo: Para interpretar datos del tamaño de mercado, crecimiento del sector eólico, costos logísticos, ponderaciones de la matriz de competidores y proyecciones financieras.

El paradigma investigativo se basa en el paradigma pragmático, buscando una aproximación integral que permita combinar métodos cualitativos y cuantitativos según las necesidades específicas del problema planteado.

Diseño (experimental, no experimental)

El diseño de la investigación es no experimental. Ya que este se basa y se presenta en la recolección y análisis de información secundaria y primaria disponible sobre el mercado de turbinas eólicas, sin manipulación de variables ni intervención directa en el fenómeno estudiado. El objetivo es describir, analizar y proponer estrategias de posicionamiento internacional de manera objetiva y fundamentada.

Alcance (exploratorio, descriptivo, correlacional, explicativo)

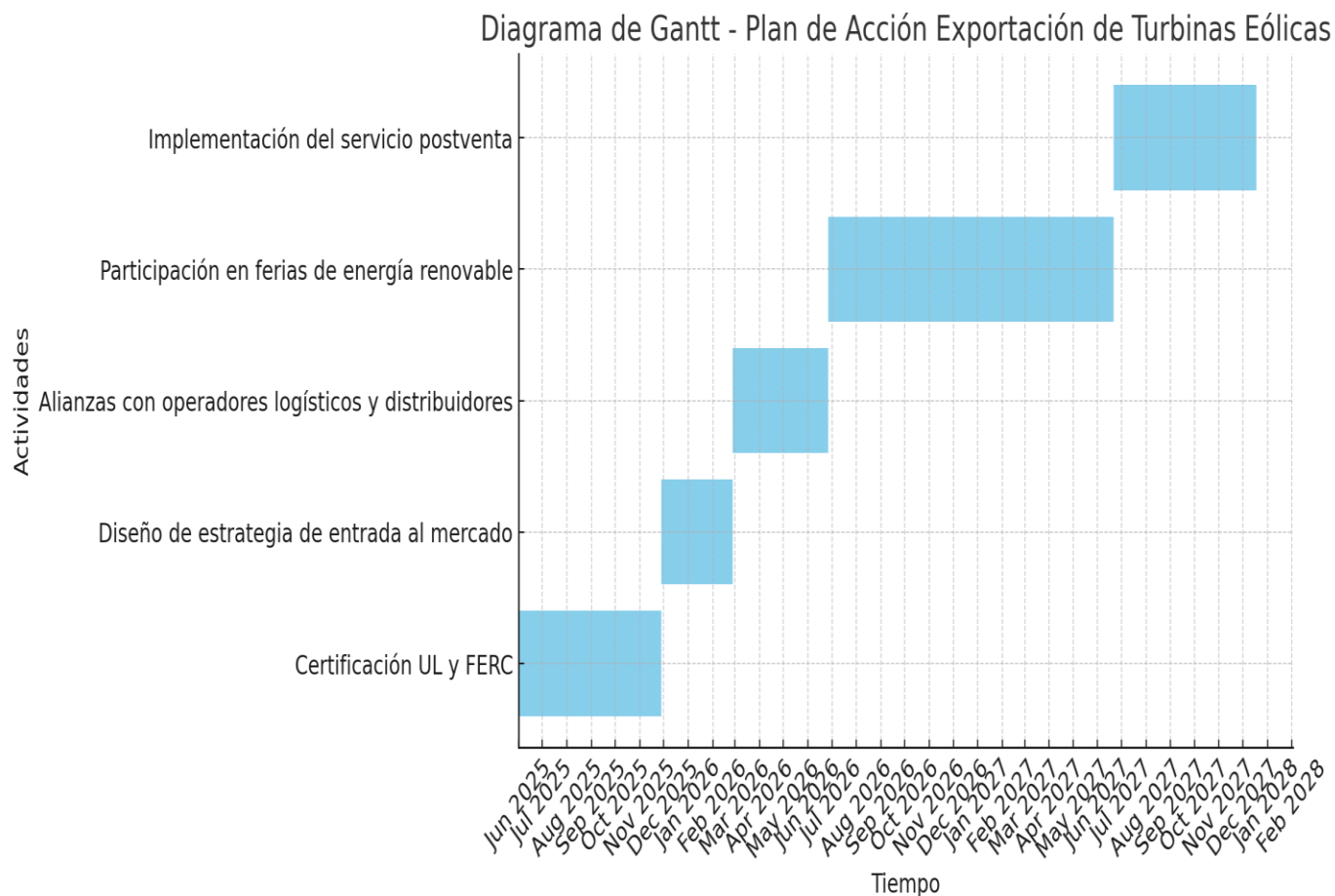
El alcance de la investigación es descriptivo. Esta se centra en caracterizar el mercado objetivo, identificar factores críticos de éxito, analizar la situación competitiva y describir los elementos que afectan la viabilidad de la exportación de turbinas eólicas desde Colombia hacia Estados Unidos.

Fuentes, Técnicas e instrumentos de recolección de información y datos.

La recolección de información para este proyecto se sustentó principalmente en fuentes secundarias confiables, tales como bases de datos internacionales, reportes de organismos energéticos (IRENA, EIA), artículos científicos, informes de comercio exterior, legislación comercial y publicaciones de entidades como ProColombia y la FERC.

En cuanto a las técnicas utilizadas, se recurrió al análisis documental, análisis comparativo y revisión de literatura especializada, que permitieron identificar tendencias, oportunidades y restricciones para la exportación de turbinas eólicas.

Los instrumentos aplicados fueron matrices estratégicas (DOFA, PEST, 5 Fuerzas de Porter), tablas de análisis competitivo, gráficas de segmentación y una propuesta de cronograma de actividades tipo Gantt, que facilitaron la organización y sistematización de la información relevante para el diagnóstico y la propuesta estratégica del proyecto.



Nota: La imagen re presenta un diagrama de Gantt presentando los resultados que se esperan obtener a futuro

Capítulo IV

Conclusiones

En la exploración e indagación de este trabajo, indica que la exportación de turbinas eólicas colombianas a Estados Unidos es factible siempre y cuando se adopten estrategias que respondan a los requerimientos del mercado objetivo como en nuestro caso lo es EE.UU

La diferenciación basada en tecnología adaptable, es un soporte postventa y cumplimiento regulatorio mejora la posición frente a competidores globales. Ya que nos ofrece una solución adaptada y un beneficio para los clientes, garantizándoles una eficiencia productiva a largo plazo y un cumplimiento de estándares exigidos en los mercados desarrollados como lo es el mercado de estados unidos. Esta combinación de factores no solo incrementa la propuesta de valor frente a fabricantes que ofrecen productos estandarizados, sino que también facilita el acceso a incentivos fiscales y licitaciones públicas en mercados con altos requerimientos técnicos y ambientales.

Al indagar se reconoce el TLC y otros incentivos fiscales en EE.UU. ya que este sería clave para mejorar la competitividad del producto colombiano. Sabiendo que el principal beneficio del TLC para Colombia es la consolidación de las preferencias arancelarias que teníamos con el acuerdo de preferencias arancelarias, ATPDEA. Este cubría cerca de 5.670 productos. La entrada en vigencia del TLC significó acceso al mercado estadounidense con 0% de arancel aproximadamente para 10.634 posiciones arancelarias. Aunque en este momento se cuenta ya con un 10% de arancel aproximadamente. (IRENA, 2023)

Capítulo V

Recomendaciones

A partir del análisis realizado, se recomienda optar por un modelo de exportación directa de las turbinas eólicas desde Colombia hacia Estados Unidos, aprovechando las condiciones favorables del Tratado de Libre Comercio (TLC) entre ambos países. Esta vía facilita el acceso preferencial al mercado estadounidense, reduce aranceles y simplifica varios procedimientos aduaneros. El uso de este canal permite una mayor autonomía en el control de calidad del producto, seguimiento postventa y personalización del servicio para los compradores, lo cual representa una ventaja competitiva clave frente a fabricantes de gran escala que trabajan bajo esquemas estandarizados.

En cuanto al medio logístico, se sugiere adoptar un esquema de transporte multimodal, combinando transporte terrestre desde la planta en Colombia hasta puertos como Cartagena o Buenaventura, seguido de envío marítimo hacia puertos estratégicos en EE.UU. como Houston o Norfolk, y concluyendo con traslado terrestre hacia los lugares de instalación. Esta estructura permite optimizar costos, tiempos de entrega y asegurar el buen manejo de componentes sobredimensionados como las aspas y torres. Para ello, establecer alianzas con operadores especializados en logística eólica, como DSV, resulta fundamental para garantizar eficiencia, seguridad y cumplimiento normativo.

Adicionalmente, se aconseja centrar la estrategia comercial en un nicho de mercado específico: desarrolladores de proyectos eólicos de mediana escala en zonas con terrenos complejos, donde la adaptabilidad técnica de las turbinas TEH-500kW representa un valor diferencial. La propuesta debe ir acompañada de un sistema sólido de soporte técnico y mantenimiento predictivo, que refuerce la confianza del comprador y mejore la percepción de marca en un entorno altamente competitivo.

Finalmente, se recomienda invertir en la obtención de certificaciones internacionales exigidas por el mercado estadounidense, como la UL 6142 y el aval de la FERC. Estas acreditaciones no solo habilitan la entrada legal del producto, sino que además fortalecen la imagen de confiabilidad y

cumplimiento. Paralelamente, es crucial capacitar al equipo comercial en los estándares regulatorios y técnicos de Estados Unidos, de modo que la negociación y el posicionamiento se alineen con las expectativas del cliente norteamericano.

Referencias

- Análisis de la normativa e impacto en el medio ambiente. (2024). *Scopus*.
<https://www.scopus.com>
- Christopher, M. (2016). *Logistics and supply chain management* (5th ed.). Pearson Education.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2005). *Repositorio nacional: Estudios de energía renovable*. <https://www.cepal.org>
- DSV. (2024). *Soluciones logísticas para energías renovables en América Latina*.
<https://www.dsv.com/es>
- Elkington, J. (1997). *Cannibals with forks: The triple bottom line of 21st century business*. Capstone Publishing.
- Estudios de impacto ambiental en energía eólica. (2015). *Scopus*. <https://www.scopus.com>
- International Renewable Energy Agency (IRENA). (2023). *Renewables capacity statistics 2023*.
<https://www.irena.org/publications/2023/Mar/Renewable-Capacity-Statistics-2023>
- Johanson, J., & Vahlne, J. E. (1977). The internationalization process of the firm—A model of knowledge development and increasing foreign market commitments. *Journal of International Business Studies*, 8(1), 23–32. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jibs.8490676>
- Naciones Unidas. (s.f.). *Energía sostenible para todos*. <https://www.un.org>
- North, D. C. (1990). *Institutions, institutional change and economic performance*. Cambridge University Press.
- OpenAI. (s.f.). *ChatGPT (versión GPT-4)*. <https://chat.openai.com>
- Porter, M. E. (1990). *The competitive advantage of nations*. Free Press.
- Ricardo, D. (2004). *Principios de economía política y tributación* (Ed. original publicada en 1817). Fondo de Cultura Económica.

