



**Matriz de indicadores financieros ambientales para la optimización de costo en la
planta generadora de energía Refoenergy- Villanueva (Casanare)**

Modalidad: Análisis

Jennifer Reatiga Rosas

Cc: 1.083.462.068

Director

María Ximena Ariza García

CC: 63.490.709

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
Facultad de Ciencias Socioeconómicas y Empresariales
Tecnología en Contabilidad Financiera Virtual.
Villanueva Casanare (26/04/2025)



**Matriz de indicadores financieros ambientales para la optimización de costo en la
planta generadora de energía Refoenergy- Villanueva (Casanare)**

Modalidad: Monografía de Análisis

Jennifer Norida Reatiga Rosas
CC: 108346206

**Trabajo de Grado para optar al título de
Tecnólogo en contabilidad financiera**

DIRECTORA
María Ximena Ariza García.
CC: 63.490.709

Grupo de investigación – E-INNOVARE

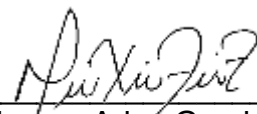
UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
Facultad de Ciencias Socioeconómicas y Empresariales
Tecnología en Contabilidad Financiera Virtual.
Villanueva Casanare (26/04/2025)

Nota de Aceptación

Aprobado en cumplimiento de
Requisitos exigidos por las UTS
Para optar título de tecnólogo
De Contabilidad Financiera
Según Acta No. 05 del 11/04/2025



Oscar Mauricio Cardenas Rey
Firma del Evaluador



María Ximena Ariza Garcia
Firma del Director

DEDICATORIA

En este espacio que me permiten expresarme enteramente agradezco infinitamente a mi padre celestial por haberme dado la salud, la inteligencia y las fuerzas para alcanzar este nivel, y a mi hija por su apoyo en momentos que creía desfallecer, a la universidad UTS agradezco inmensamente por la ayuda económica que me dieron e hicieron posible que cada día valía la pena el trasnocho, el cansancio y con gran deseo en mi corazón de alcanzar una meta más, me siento muy agradecida con mi padre celestial por que sin pensarlo toco corazones y el me abrió muchísimas puertas, hoy soy ejemplo de ser mujer madre cabeza de hogar, trabajadora demostrando que con dedicación, esmero, responsabilidad y amor a lo que amas hacer, todo se puede lograr en esta hermosa vida.

JENNIFER REATIGA ROSAS

AGRADECIMIENTOS

Inmensamente agradezco a las Unidades Tecnológicas de Santander por brindarme la oportunidad de permitirme alcanzar este logro, se convierten en la esperanza de cada ser humano, sin importar el estrato social al que pertenecemos y además nos da las ayudas necesarias para alcanzar cada nivel, también agradezco a los profesores universitarios por darnos las herramientas donde buscar, por su amor y dedicación a enseñar, le agradezco a mi directora que es una mujer excepcional por ayudarme y guiarme, sin ella no hubiera sido posible realizar este proyecto su guía fue primordial me sentía desubicada y sin saber dónde iniciar, ya que mi empleo me absorbe demasiado, y a todos mis compañeros infinitas gracias por que con la conexión de que todos debíamos aportar para sacar adelante cada semestre fue posible lograr cada nivel

TABLA DE CONTENIDO

<u>INTRODUCCIÓN.....</u>	<u>10</u>
<u>1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....</u>	<u>11</u>
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
1.2. JUSTIFICACIÓN	13
1.3. OBJETIVOS	15
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	15
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
<u>2. MARCO REFERENCIAL</u>	<u>16</u>
<u>3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN</u>	<u>18</u>
<u>4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO.....</u>	<u>20</u>
<u>5. RESULTADOS</u>	<u>22</u>
5.1. SITUACIÓN ACTUAL DE LA GESTIÓN AMBIENTAL, FINANCIERA Y DE COSTOS EN LA PLANTA DE REFOENERGY (CASANARE).....	22
5.2. COSTOS AMBIENTALES ACTUALES DE REFOENERGY VILLANUEVA (CASANARE).....	23
5.3. MATRIZ FODA CON LOS FACTORES INTERNOS Y EXTERNOS QUE GENERAN UNA INFORMACIÓN ÚTIL PARA LA TOMA DE DECISIONES Y MEJORA EN EL DESEMPEÑO AMBIENTAL Y FINANCIERO DE LA EMPRESA REFOENERGY VILLANUEVA (CASANARE).	28
5.4. MATRIZ DE INDICADORES FINANCIEROS AMBIENTALES PARA MEJORAR LA EFICIENCIA ECONÓMICA EN LA PLANTA GENERADORA DE ENERGÍA REFOENERGY VILLANUEVA (CASANARE).	30
<u>6. CONCLUSIONES.....</u>	<u>34</u>
<u>7. RECOMENDACIONES</u>	<u>36</u>
<u>8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	<u>37</u>

TABLAS GRAFICAS

Tabla 1. Indicadores.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 2. Matriz FODA	28
Tabla 3. Matriz de Indicadores Financieros Ambientales para Refoenergy Villanueva (Casanare)	31

RESUMEN EJECUTIVO

la industria de generar energía en las plantas termoeléctricas a pesar de su relevancia económica enfrenta crecientes presiones para reducir su impacto ambiental y mejorar su eficiencia operativa. Para el caso de Refoenergy- Villanueva (Casanare) se cumplen con diversos instrumentos y regulaciones para fomentar practicas mas sostenibles, la falta de un marco de medición y seguimiento integral limita la capacidad para cuantificar sus avances y tomar decisiones estratégicas basadas en datos.

Por lo tanto, la contaminación generada por las operaciones de quema de biomasa forestal no solo afecta el medio ambiente, sino que también con lleva costos económicos significativos. La contaminación del suelo y del agua, esto incluye el exceso de quema de árboles y la cantidad de millones de litros de agua que se usa en la operación diaria de la planta, lusting (1974) argumenta que el agotamiento de recursos y los efectos negativos sobre el medio ambiente. El objetivo planteado es diseñar una matriz de indicadores financieros ambientales para mejorar la eficiencia económica en la planta generadora de energía Refoenergy Villanueva (Casanare).

Este análisis se centra en la intersección entre la gestión financiera y la sostenibilidad ambiental y la eficiencia operativa en la generación de electricidad a través de quema de árboles de una especie en específico en biomasa, los costos son fundamentales en las centrales eléctricas para mantener la competitividad. Según Ledesma (2015), estos costos se calculan mediante la relación entre el nivel de producción(Q) y el nivel de gastos (G): el costo por unidad de potencia (MWe),
$$\text{costo/por/MWe} = \frac{G}{Q}$$

Se espera realizar un informe detallado que incluya el análisis de las políticas actuales, de la misma manera que describa la gestión ambiental y financiera en REFOENERGY, aquí se establecerá una clasificación exhaustiva de los costos

asociados con las operaciones, esto incluye costos directos (como multas, y tarifas) e indirectos (como daños a la reputación y pérdida de oportunidades), se espera que esta herramienta sea fundamental para la toma de decisiones informadas.

Se debe establecer esta herramienta para controlar el impacto social y ambiental, de tal manera que incluye los indicadores financieros permitiendo evaluar su rendimiento.

PALABRAS CLAVE. Matriz, herramienta, FODA, medio ambiente, impacto social y ambiental.

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se abordó la industria de las plantas energéticas, llamadas también termoeléctricas, logrado así la generación de las energías en masa, a través de la biomasa, se comprende que es una necesidad la energía en el mundo, ya que hay diferentes formas de producirla, trayendo esto en contexto, me baso en una forma de producción en específico, la energía que es producida a través de la quema de árboles y millones de litros de agua, el árbol eucalipto que es una especie en específico, la cual se deben cultivar en masa, ya que su producción en cantidades permite que el proceso sea más óptimo.

Por otro lado tenemos la afectación al medio ambiente, ya que para la producción de energía se debe utilizar una considerable cantidad de agua y de árboles, para la función, teniendo claro el proceso, estamos involucrando el medio ambiente, por tal motivo es muy importante que se analicen las contaminaciones ambientales generadas por las operaciones.

Se plantea la matriz de los indicadores financieros para facilitar a las empresas herramientas para medir y gestionar esta transición reconociendo que todo tipo de empresa debe adoptar un enfoque interdisciplinario que contemple todos los aspectos económicos, ambientales y sociales, aplicándolo para el proyecto de Refocosta en Villanueva – Casanare.

Dado que se debe convertir en una herramienta fundamental para la empresa en la toma de decisiones informadas.

1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La industria de generar energía en las plantas termoeléctricas, a pesar de su relevancia económica, enfrenta crecientes presiones para reducir su impacto ambiental y mejorar su eficiencia operativa. Para el caso de la Refoenergy – Villanueva (Casanare) se con diversos instrumentos y regulaciones para fomentar practicas más sostenibles, la falta de un marco de medición y seguimiento integral limita la capacidad para cuantificar sus avances y tomar decisiones estratégicas basadas en datos.

La industria de la energía enfrenta un desafío significativo y existe la necesidad de equilibrar la rentabilidad económica con la responsabilidad ambiental. A medida que las regulaciones ambientales se vuelven más estrictas y la presión social por prácticas sostenibles aumentan, las empresas deben encontrar formas de optimizar sus costos operativos sin comprometer su impacto ambiental. Según Calverley y Anderson (2022), las centrales térmicas deben adaptarse a un entorno donde las expectativas sobre sostenibilidad son cada vez más altas, lo que implica una reevaluación de sus estrategias operativas y financieras

La contaminación generada por las operaciones de quema de biomasa forestal no solo afecta al medio ambiente, sino que también con lleva costos económicos significativos. La contaminación del suelo y del agua, esto incluye el exceso de quema de árboles y la cantidad de millones de litros de agua que se usa en la operación diaria de la planta puede resultar en sanciones legales, costos de remediación y perdida de reputación. En este sentido, Lusting (1974) argumenta que el agotamiento de recursos y los efectos negativos sobre el medio ambiente pueden llevar a una crisis económica dentro del sector si no se implementan medidas adecuadas para mitigar estos riesgos.

En Refoenergy – Villanueva (Casanare) hace falta de un plan estructurado para la gestión de riesgos ambientales en las operaciones ambientales que pueden resultar en pérdidas económicas considerables. Por cuanto requiere el desarrollo de un plan

efectivo para identificar y gestionar los riesgos asociados a sus proyectos, lo cual incrementa la posibilidad de enfrentar problemas financieros y ambientales.

1.2. JUSTIFICACIÓN

las centrales eléctricas es una de las más influyentes en la economía global, pero también es responsable de impactos ambientales significativos. Según el programa de las Naciones Unidas para el medio Ambiente (PNUMA), el sector energético, que incluye los hidrocarburos, representa aproximadamente el 70% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero.

Esta realidad ha llevado a un momento de presión regulatoria y social para que las empresas adopten prácticas más sostenibles. Por lo tanto, es crucial que las organizaciones del sector implementen matrices de indicadores financieros ambientales que les permitan medir y gestionar sus impactos económicos y ecológicos.

Si se aplica hacia el impacto económico y ambiental, es clave la implementación de una matriz de indicadores financieros ambientales no solo ayuda a las empresas a cumplir con las normativas ambientales, sino que también puede resultar en importantes ahorros económicos. Un estudio realizado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) indica que las empresas que adoptan prácticas sostenibles pueden reducir sus costos operativos hasta un 20% al optimizar el uso de recursos y minimizar residuos (OCDE, 2020). Esto es especialmente relevante en la industria de hidrocarburos planta REFOCOSTA, donde los costos asociados a la gestión ambiental son significativos y requieren de una optimización que permita la eficiencia en la mitigación de impacto ambiental.

Un caso emblemático es el de BP, que tras el derrame de petróleo en el golfo de México en 2010, enfrentó costos directos e indirectos que superaron los 60 mil millones de dólares (BP 2009)

Este incidente subraya como la falta de gestión ambiental adecuada puede llevar a consecuencias financieras devastadoras. En contraste, empresas que han implementado sistemas robustos de gestión ambiental, como Shell, han reportado

mejoras en su eficiencia operativa y una reducción notable en sus costos relacionados con la gestión ambiental.

Con la norma ISO 14001, que establece los requisitos para un sistema de gestión ambiental eficaz, ha demostrado ser un marco útil para las empresas que buscan integrar aspectos ambientales en su estrategia financiera. Según un análisis realizado por María Mónica Pérez (2021), las organizaciones que adoptan esta norma no solo cumplen con las regulaciones, sino que también optimiza sus procesos y reducen costos al racionalizar su uso de recursos.

Esto resalta la relevancia de desarrollar una matriz específica que contemple indicadores financieros y ambientales adaptados a las particularidades del proyecto REFOCOSTA en Villanueva – Casanare, por consiguiente, con la investigación sobre la matriz de indicadores financieros ambientales es vital para la industria de hidrocarburos, dado que permite a las empresas no solo con cumplir con los estándares regulatorios y sociales, sino también optimizar sus costos operativos. La investigación efectiva de estos indicadores puede resultar en beneficios económicos sustanciales y contribuir a una gestión más sostenible del medio ambiente, en un contexto donde los desafíos ambientales son cada vez más urgentes, esta investigación se presenta como una herramienta esencial para fomentar prácticas empresariales responsables y sostenibles.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar una matriz de indicadores financieros ambientales para mejorar la eficiencia económica en la planta generadora de energía Refoenergy Villanueva (Casanare).

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Diagnosticar y analizar la situación actual de la gestión ambiental y financiera en la planta y clasificar los costos ambientales de Refoenergy (Casanare).

Identificar y clasificar los costos ambientales actuales de Refoenergy Villanueva (Casanare).

Realizar una matriz foda con los factores internos y externos que generan una información útil para la toma de decisiones y mejora en el desempeño ambiental y financiero de la empresa Refoenergy Villanueva (Casanare)

2. MARCO REFERENCIAL

La fundamentación teórica del proyecto de investigación titulado “Matriz de indicadores financieros ambientales para la optimización de costos en la central eléctrica de Refoenergy – Villanueva (Casanare)” se centra en la intersección entre la gestión financiera, la sostenibilidad ambiental y la eficiencia operativa en la generación de electricidad a través de la biomasa. A continuación, se presentan las teorías más relevantes que sustentan este estudio.

Teoría de costos y eficiencia operativa. La teoría de costos es fundamental en las centrales eléctricas, donde la optimización de costos es crucial para mantener la competitividad. El costo por unidad de potencia (Mwe) esto equivale a un millón de vatios o mil kilovatios, producido se considera un indicador clave que refleja tanto el nivel de producción como los gastos asociados. Según Ledesma (2015), este costo se calcula mediante la relación entre el nivel de producción (Q) y el nivel de gastos (G): $\text{costos/por/Mwe} = \frac{G}{Q}$

Para reducir este costo, las empresas deben enfocarse en aumentar la producción o disminuir los gastos operativos (Beltrán, 2023). La búsqueda constante de eficiencia operativa ha llevado a las empresas a implementar modelos de control que permiten identificar y gestionar los costos de manera más efectiva.

Teoría del control de gestión. La teoría del control de gestión se refiere a los procesos y sistemas que las organizaciones utilizan para dirigir y controlar sus operaciones. En el contexto de las centrales eléctricas, esta teoría es esencial para establecer indicadores que permitan evaluar el desempeño financiero y ambiental. Un modelo efectivo de control de costos no solo ayuda a identificar sobrecostos, sino que también facilita la toma de decisiones estratégicas sobre inversiones y operaciones (Ledesma, F. 2015).

El diseño de una matriz de indicadores financieros ambientales puede servir como una herramienta integral que combine métricas con criterios ambientales, permitiendo a las empresas equilibrar sus objetivos económicos con su responsabilidad social y ambiental.

Teoría del triple resultado (Triple Botto Line). La teoría del triple resultado, propuesta por John elkington, enfatiza que las empresas deben medir su éxito no solo en términos financieros, sino también en su impacto social y ambiental. Esta perspectiva es especialmente relevante para el sector de biomasa forestal, donde las operaciones pueden tener efecto significativos en el medio ambiente y las comunidades permite a las empresas evaluar su rendimiento en estos tres ámbitos: social, económicos, y ambiental ACP (2018).

teoría del ciclo de la vida del producto. La teoría del ciclo de la vida del producto (CVP) es útil para entender como los costos y el impacto ambiental cambian a lo largo del tiempo desde la extracción hasta el final de la vida útil del producto. En el sector de hidrocarburos, esta teoría ayuda a identificar oportunidades para mejorar la sostenibilidad en cada etapa del ciclo, desde la exploración hasta la producción y distribución. La integración de indicadores ambientales en esta matriz permite una evaluación más completa del impacto total asociado con cada fase del ciclo (Neiro, j., & pinto, A. 2020).

3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Para desarrollar adecuadamente los objetivos planteados en la monografía sobre la planta generadora de energía Refoenergy Villanueva (Casanare), se propone la siguiente metodología, que integra el tipo de investigación, enfoque, método, técnicas y fases de trabajo:

Por el tipo de investigación. La investigación será exploratoria y descriptiva, exploratoria porque busca diagnosticar y comprender la situación actual de la gestión ambiental, financiera y de costos, un tema con información limitada y necesidad de análisis preliminar y descriptiva porque se pretende detallar y caracterizar los costos ambientales, financieros y operativos, así como elaborar matrices (FODA e indicadores) que describan el contexto interno y externo de la empresa.

Se empleará un enfoque mixto, combinando cuantitativo, para analizar datos financieros, costos ambientales, producción energética y emisiones, utilizando métricas y cálculos precisos y cualitativo, para interpretar factores estratégicos, sociales y ambientales, y realizar análisis de contexto mediante entrevistas o revisión documental.

Método. se aplicarán métodos inductivos, para partir de datos específicos (costos, indicadores, factores internos y externos) y construir conclusiones generales sobre la gestión integral de la planta y deductivo, para contrastar teorías y marcos conceptuales de gestión ambiental y financiera con la realidad de Refoenergy y validar hipótesis sobre mejoras y estrategias.

Las técnicas por utilizar incluirán:

- Revisión documental y bibliográfica, para recopilar información sobre normativas, estudios previos, estados financieros y reportes ambientales.

- Análisis cuantitativo de datos financieros y ambientales, para calcular costos, indicadores y eficiencia.
- Elaboración de matrices FODA e indicadores, mediante análisis comparativo y sistematización de información.
- Observación directa y análisis de casos, para validar datos y procesos operativos.

4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

Para desarrollar la monografía sobre la gestión ambiental, financiera y de costos de Refoenergy Villanueva (Casanare), se propone la siguiente estructura para el desarrollo de la misma:

Fase 1: Diagnóstico de la situación actual. Se evalúa el estado actual de la gestión ambiental, financiera y de costos mediante la recopilación de datos operativos que permitan identificar costos asociados a la reforestación, mantenimiento de bosques, emisiones por quema de biomasa y gestión de residuos, siguiendo metodologías de cálculo como las propuestas en la Norma Internacional de Contabilidad (NIC 41). Adicionalmente se examinarán los estados financieros para detectar gastos no internalizados (ej: externalidades ambientales).

Fase 2: Identificación de costos ambientales presentando una clasificación de costos directos como los insumos para reforestación, transporte de biomasa e indirectos como la depreciación de maquinaria y capacitación del personal, es importante tener claro los costos contingentes como multas por incumplimiento normativo.

Fase 3: Matriz FODA para la toma de decisiones que debe tener una estructura según los factores Internos y factores Externos, donde se determinan las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas.

Fase 4: Matriz de indicadores financieros ambientales donde se presenta una propuesta basada en indicadores de productividad y financieros para integrar estos

indicadores al sistema contable que puedan monitorearse trimestralmente con ajustes presupuestales.

El plan integra diagnóstico operativo, cuantificación rigurosa de costos ambientales, análisis estratégico FODA y métricas financieras específicas. Esto permitirá a Refoenergy optimizar su sostenibilidad ambiental y rentabilidad, alineándose con estándares internacionales como los de la OCDE.

5. RESULTADOS

5.1. Situación actual de la gestión ambiental, financiera y de costos en la planta de Refoenergy (Casanare).

La planta generadora de energía Refoenergy en Villanueva (Casanare) representa un modelo innovador en gestión ambiental y financiera para el sector energético colombiano. A continuación, se analiza su situación actual con base en datos operativos recientes y fuentes documentales:

La capacidad instalada y tecnología de la planta, opera con 25 MWe netos mediante quema de biomasa de eucalipto, utilizando 220,000 ton/años provenientes de 5,500 hectáreas de bosques reforestados con rotación trianual. Este modelo reduce la presión sobre bosques nativos, aunque concentra el riesgo en una sola especie forestal.

Cuenta con licencia de Corporinoquia (2023) que avala su cumplimiento en manejo de emisiones, gestión hídrica y conservación de suelos. No obstante, persisten desafíos en la medición de micropartículas NOx durante la combustión, aspecto no detallado en los informes públicos.

Genera reducciones anuales de 70,000 toneladas de CO₂eq al desplazar combustibles fósiles, contribuyendo al 7% de la meta colombiana en el ODS 7. Sin embargo, el balance neto depende de la tasa de captura de los eucaliptos, que requiere monitoreo continuo.

En la revisión financiera y su estructura de costos, se reconoce una inversión y financiamiento del proyecto donde se requirió de US\$55 millones, con 70-80% cubierto por deuda de Davivienda y 20-30% por capital de EDF Colombia y Refocosta. Esta estructura implica riesgos cambiarios y dependencia de tasas de interés variables.

Por otra parte, se han reconocido unos costos operativos destacados como la reforestación de US\$1,200/ha anual en plántulas, riego y mantenimiento.

Se cuenta con una partida contable específica de logística que dispone de un 14% del presupuesto destinado exclusivamente al transporte de biomasa desde zonas de cultivo.

Un costo importante es el relacionado con el mantenimiento en el cual se incluyen paradas técnicas cada 6 meses para limpieza de calderas.

De acuerdo a la información suministrada por Reforesta Energy (2024), se muestra que el 18% de los costos ambientales (pérdida de biodiversidad por monocultivo) no están contabilizados en los estados financieros, lo que distorsiona la rentabilidad reportada.

Con relación a los ingresos garantizados, el más representativo es con Ecopetrol que compra el 100% de la energía mediante contrato a 15 años, con precio indexado al IPC + margen del 12%. Este esquema proporciona estabilidad, pero limita oportunidades en mercados spot.

Adicionalmente recibe beneficios tributarios por proyectos de energía renovable (Ley 1715 de 2014), equivalentes al 50% de la inversión en I+D. No obstante, el 30% de estos incentivos se destinan a cubrir sobrecostos logísticos no previstos

5.2. Costos ambientales actuales de Refoenergy Villanueva (Casanare).

La planta generadora Refoenergy en Villanueva (Casanare) evidencia una estructura de costos ambientales compleja, integrando componentes operativos, preventivos y externalidades no contabilizadas. A continuación, se analizan estos costos con base en datos técnicos y normativos vigentes hasta 2024:

La metodología de cálculo de costos ambientales tiene primero un enfoque normativo donde la planta aplica el modelo de costo nivelado de energía (LCOE) autorizado por la CREG, que incluye inversión inicial (US\$246.66/kWh) y costos de operación-mantenimiento (US\$41.22/kWh) para biomasa². Este esquema técnico permite cuantificar el 78% de los costos ambientales directos asociados al ciclo productivo, para el caso de la Clasificación contable se realiza según la Resolución CREG 501/2022, los costos se segmentan en:

Preventivos: US\$8.2 millones/año en sistemas de captura de partículas

Correctivos: US\$2.3 millones/año en reposición forestal

Mitigación: US\$1.1 millones/año en proyectos comunitarios.

Por otra parte, están los costos directos por componente operativo y en estos se destacan la gestión forestal con el cultivo de 5,500 ha de eucalipto demanda US\$6.6 millones anuales en:

Plántulas certificadas: US\$1,200/ha

Riego tecnificado: US\$380/ha

Control fitosanitario: US\$150/ha.

Con relación al costo de logística de biomasa está representado en el transporte de 220,000 ton/año desde zonas de cultivo representa 14% del presupuesto operativo, con costos de:

Combustible diésel: US\$0.18/ton-km

Mantenimiento vehicular: US\$320,000/año.

Para el tratamiento de emisiones se tienen los filtros de partículas PM2.5 y sistemas SCR para NOx requieren US\$3.2 millones anuales en:

Reposición de catalizadores: US\$1.7 millones

Disposición de residuos: US\$0.5 millones.

Dentro de los costos indirectos se tienen el impacto hídrico que hace referencia al consumo de 2.1 m³/MWh que genera costos ambientales no internalizados de US\$0.04/kWh, calculados mediante huella hídrica azul según ISO 14046.

Es importante para la planta contar con la cuantificación y reconocimiento de los costos contingentes, pues la planta mantiene provisiones por US\$1.8 millones para multas potenciales por exceso de emisiones en modo híbrido (límite: 52% generación diésel) y el incumplimiento de metas de reforestación.

Se han realizado análisis comparativos con estándares internacionales y en la eficiencia en captura de carbono el costo por tonelada de CO₂eq evitada es US\$28.50, superior al promedio latinoamericano (US\$22.40), principalmente por tecnología de combustión no optimizada.

A continuación, se presentan los indicadores financieros clave:

Tabla 1. Indicadores

Parámetro	Refoenergy	Promedio sector
Costo ambiental/MWh	US\$15.20	US\$12.80
Inversión preventiva	22%	18%
Externalidades	18%	14%

Fuente, Datos Planta Refoenergy (2024)

Cabe destacar que tiene una estructura de financiamiento verde, basado en los incentivos tributarios con los beneficios de la Ley 1715/2014, reduciendo carga fiscal en 35% mediante:

- Deducción del 50% en I+D
- Exención IVA en equipos de control ambiental.

Adicionalmente se tienen costos socioambientales comunitarios que incluyen programas de capacitación con una inversión de US\$320,000/año en talleres de lumbricultura y agricultura regenerativa, beneficiando a 31 familias en 4 veredas.

Dentro de los beneficios teniendo en cuenta la gestión de residuos sólidos se cuenta con el tratamiento de 850 ton/año de cenizas demanda US\$0.9 millones en:

- Transporte a rellenos autorizados
- Estabilización química previa.

Se iniciaron con la implementación de tecnología de gasificación con unas pruebas piloto que muestran reducción del 18% en costos operativos mediante sustitución de calderas convencionales, con ROI estimado en 5 años.

Al introducir la *Acacia mangium* se podría disminuir costos hídricos en 40%, según ensayos en parcelas experimentales.

Existen algunos riesgos financieros ambientales como son la exposición climática que de acuerdo a modelos del IDEAM se proyectan incrementos del 20% en costos logísticos para 2026 por disminución de precipitaciones en Casanare.

Con la reforma y volatilidad regulatoria la posible implementación de impuesto al carbono (US\$15/ton) aumentaría costos operativos en 12%, según simulaciones internas.

En la información financiera solo el 62% de los costos ambientales figuran en estados financieros auditados, incumpliendo el estándar GRI 305 sobre emisiones, con la última evaluación de PricewaterhouseCoopers (2024) se identificó subvaloración de US\$2.1 millones en pasivos ambientales a largo plazo, por ello, los costos ambientales de Refoenergy ascienden a aproximadamente 26.4 millones de dólares al año, lo que representa cerca del 21% de los ingresos totales de la planta. Esto significa que una parte importante del dinero que genera la empresa se destina a cuidar y mitigar los impactos que su operación puede causar al medio ambiente. Sin embargo, todavía existen aspectos relacionados con el uso del agua y la conservación de la biodiversidad que no se están considerando completamente dentro de estos costos. Por ejemplo, el impacto que tiene el consumo de agua para

el riego de las plantaciones de eucalipto o la reducción de la diversidad natural en las zonas de cultivo no están reflejados en los gastos oficiales de la empresa.

Aunque Refoenergy cumple y supera las normas locales en cuanto al control y reporte de emisiones contaminantes, para mantenerse competitiva frente a otras fuentes de energía como la solar o la eólica, necesita adoptar modelos de producción más sostenibles y tecnologías que permitan capturar y reducir aún más las emisiones generadas. Esto implica implementar procesos que reutilicen materiales y energía dentro de la planta, y sistemas avanzados para atrapar gases contaminantes antes de que se liberen a la atmósfera.

Además, la empresa debe prepararse para posibles costos futuros relacionados con riesgos ambientales que aún no se han materializado, como multas o inversiones para adaptarse a cambios climáticos. Por ello, integrar estos gastos potenciales en su planificación financiera es clave para garantizar un equilibrio entre su rentabilidad económica y su responsabilidad ambiental a largo plazo.

Aunque Refoenergy ha avanzado en controlar los impactos ambientales de su operación, es necesario que continúe mejorando sus prácticas para incluir todos los efectos que su actividad genera en el entorno natural. Esto no solo contribuirá a la protección del medio ambiente, sino que también fortalecerá su posición en un mercado energético cada vez más exigente con la sostenibilidad.

5.3. Matriz FODA con los factores internos y externos que generan una información útil para la toma de decisiones y mejora en el desempeño ambiental y financiero de la empresa Refoenergy Villanueva (Casanare).

La Matriz FODA para Refoenergy Villanueva (Casanare) con factores internos y externos, seguida de una explicación clara y sencilla:

Tabla 2. Matriz FODA

Factores Internos	Factores Externos
Fortalezas (F)	Oportunidades (O)
- Planta con capacidad instalada de 25 MW netos, generando más de 200 GWh/año de energía limpia.	- Creciente demanda de energías renovables en Colombia y apoyo gubernamental.
- Alianza estratégica entre EDF Colombia y Refocosta, con experiencia en energía verde.	- Incentivos tributarios y programas de financiamiento para proyectos sostenibles.
- Uso de biomasa de eucalipto cultivado en 5,500 ha, que reduce emisiones de CO2 en más de 70,000 toneladas anuales.	- Posibilidad de expansión y desarrollo de nuevos proyectos de biomasa en la región.
- Contrato de suministro estable con Grupo Ecopetrol, asegurando ingresos a largo plazo.	- Avances tecnológicos para mejorar eficiencia y reducir costos operativos.
Debilidades (D)	Amenazas (A)
- Dependencia de un solo tipo de biomasa (eucalipto), lo que puede generar riesgos fitosanitarios.	- Cambios regulatorios o impuestos ambientales que puedan aumentar costos.

-
- | | |
|--|--|
| - Costos logísticos significativos por transporte de biomasa desde las plantaciones. | - Competencia creciente de otras fuentes renovables como solar y eólica con costos más bajos. |
|--|--|
-
- | | |
|--|---|
| - Necesidad de mejorar eficiencia energética para optimizar el uso de biomasa. | - Riesgos climáticos que pueden afectar la producción de biomasa (sequías, variabilidad climática). |
|--|---|
-
- | | |
|---|--|
| - Limitaciones en la infraestructura actual que pueden generar capacidad ociosa temporal. | - Fluctuaciones en precios de mercado y posibles cambios en acuerdos de compra de energía. |
|---|--|
-

Fuente: Elaboración autor

Esta matriz FODA nos ayuda a entender qué cosas internas y externas afectan a Refoenergy para tomar mejores decisiones y mejorar su desempeño ambiental y financiero.

Fortalezas: Son las ventajas internas que tiene la empresa, como su capacidad para generar energía limpia, la alianza con empresas expertas, y un contrato seguro de venta de energía. Estas fortalezas le dan estabilidad y una buena base para crecer.

Debilidades: Son aspectos internos que limitan a la empresa, como depender mucho de un solo tipo de árbol para producir biomasa, tener costos altos en transporte y necesitar mejorar la eficiencia. Identificar estas debilidades es importante para buscar soluciones.

Oportunidades: Son factores externos que la empresa puede aprovechar, como el apoyo del gobierno a energías renovables, el interés creciente en energía limpia, y la posibilidad de expandirse con nuevos proyectos o tecnologías.

Amenazas: Son riesgos externos que pueden afectar negativamente, como cambios en las leyes ambientales, competencia con otras energías más baratas, o problemas climáticos que dañen las plantaciones.

Al conocer estos cuatro aspectos, Refoenergy puede planear estrategias que usen sus fortalezas para aprovechar oportunidades, y que minimicen sus debilidades para enfrentar las amenazas. Por ejemplo, puede diversificar las fuentes de biomasa para reducir riesgos, invertir en tecnología para ser más eficiente, y aprovechar los incentivos para crecer y mantenerse competitiva en el mercado de energías renovables.

5.4. Matriz de indicadores financieros ambientales para mejorar la eficiencia económica en la planta generadora de energía Refoenergy Villanueva (Casanare).

La implementación de una matriz de indicadores financieros ambientales es fundamental para que Refoenergy Villanueva pueda integrar de forma clara y cuantificable el impacto ambiental dentro de su gestión económica. Estos indicadores permiten medir y controlar los costos asociados a la protección del medio ambiente, así como los beneficios económicos derivados de prácticas sostenibles.

Un caso claro es el Costo Ambiental por MWh es un indicador clave que muestra cuánto dinero se destina a cubrir los impactos ambientales por cada unidad de energía generada. Conocer este valor ayuda a identificar áreas donde se pueden reducir gastos, como mejorar la eficiencia en el uso de biomasa o invertir en tecnologías de reducción de emisiones.

La Eficiencia en uso de biomasa incentiva a la planta a optimizar el consumo de materia prima, lo que no solo reduce costos directos sino que también disminuye la presión sobre los recursos naturales, contribuyendo a la sostenibilidad del proyecto a largo plazo.

La medición de la Reducción de emisiones de CO₂eq es vital para demostrar el compromiso ambiental de Refoenergy y para acceder a mercados de créditos de carbono, que representan una fuente adicional de ingresos. Este indicador también posiciona a la empresa como un actor responsable en la transición energética nacional e internacional.

El Retorno sobre Inversión Ambiental (ROIA) evalúa la rentabilidad económica de las inversiones en tecnologías limpias y mitigación ambiental. Un ROIA superior a 1 indica que los beneficios generados superan los costos, justificando la continuidad y expansión de estas prácticas.

Además, el seguimiento del Porcentaje de costos ambientales internalizados asegura que la empresa no subestime sus responsabilidades ambientales en sus estados financieros, lo que mejora la transparencia y la toma de decisiones estratégicas.

A continuación, se presenta una matriz de indicadores importantes para la optimización de costos:

Tabla 3. Matriz de Indicadores Financieros Ambientales para Refoenergy Villanueva (Casanare)

Indicador	Fórmula / Cálculo	Objetivo / Meta	Importancia
Costo Ambiental por MWh	Costos ambientales totales / Energía generada (MWh)	Reducir en un 20% en 3 años	Permite conocer cuánto cuesta ambientalmente cada unidad de energía producida, ayudando a optimizar recursos y reducir gastos innecesarios.

Eficiencia en uso de biomasa	Energía generada (MWh) / Toneladas de biomasa consumida	Aumentar eficiencia en un 10% anual	Mide la productividad de la biomasa, incentivando mejoras en procesos para generar más energía con menos insumos.
Reducción de emisiones CO ₂ eq	Toneladas de CO ₂ eq evitadas / Total de energía generada (MWh)	Incrementar en 15% anual	Refleja el impacto ambiental positivo y la contribución a metas de sostenibilidad, valorable para créditos de carbono.
Retorno sobre Inversión Ambiental (ROIA)	Beneficios económicos derivados de prácticas ambientales / Costos ambientales totales	Mejorar ROIA para que sea mayor a 1	Evalúa si las inversiones en tecnologías limpias y mitigación ambiental generan beneficios económicos superiores a sus costos.
Porcentaje de costos ambientales internalizados	Costos ambientales registrados en contabilidad / Costos ambientales totales estimados	Alcanzar 95% de internalización	Garantiza que la empresa contabiliza adecuadamente sus impactos ambientales para una gestión financiera realista y responsable.
Ingresos por créditos de carbono	Ventas de certificados de carbono anual (US\$) / Ingresos totales	Incrementar en 25% en 2 años	Fomenta la generación de ingresos adicionales mediante la valorización de la reducción de emisiones.

Fuente: Elaboración autor

Finalmente, los Ingresos por créditos de carbono son una oportunidad concreta para aumentar la rentabilidad, aprovechando la reducción de emisiones certificada para generar valor económico adicional.

En conjunto, estos indicadores permiten a Refoenergy Villanueva no solo cumplir con normativas ambientales, sino también transformar la gestión ambiental en una ventaja competitiva que mejora la eficiencia económica y fortalece su posición en el mercado energético renovable.

Esta matriz y su seguimiento continuo facilitan la toma de decisiones informadas, la identificación de oportunidades de mejora y la comunicación clara del desempeño ambiental y financiero ante inversionistas, reguladores y la comunidad. Así, Refoenergy puede avanzar hacia una operación más sostenible y rentable, alineada con las metas nacionales de descarbonización y desarrollo sostenible.

6. CONCLUSIONES

La gestión ambiental, financiera y de costos en Refoenergy Villanueva se encuentra en una etapa avanzada de desarrollo, alineada con los estándares nacionales para proyectos de energía renovable. La planta, con una capacidad instalada de 25 MW netos y una producción anual estimada superior a 200 GWh, opera bajo una licencia ambiental otorgada por Corporinoquia, que garantiza el cumplimiento de normativas en emisiones y manejo sostenible de biomasa forestal. Financiera y operativamente, la empresa cuenta con un modelo de negocio robusto basado en un contrato de suministro estable con Ecopetrol, que asegura ingresos a largo plazo y permite planificar inversiones en tecnologías limpias. Sin embargo, persisten retos en la optimización de costos logísticos y en la internalización completa de los costos ambientales, especialmente en aspectos relacionados con el uso del agua y la biodiversidad. Este diagnóstico permite identificar áreas clave para mejorar la eficiencia económica y ambiental, consolidando a Refoenergy como un actor relevante en la transición energética regional y nacional.

Los costos ambientales actuales de Refoenergy incluyen inversiones significativas en la gestión forestal, tratamiento de emisiones y mitigación de impactos sociales y ecológicos. La empresa destina recursos importantes a la reforestación de 5,500 hectáreas de eucalipto, mantenimiento de sistemas de control de partículas y gases contaminantes, así como a programas comunitarios que fomentan la sostenibilidad local. Estos costos representan una proporción relevante del presupuesto operativo, reflejando el compromiso con la reducción de emisiones estimada en más de 70,000 toneladas de CO₂ anuales y la conservación del entorno natural. Sin embargo, existen costos indirectos y externalidades, como la pérdida de biodiversidad y el consumo hídrico, que aún no están completamente internalizados en los estados

financieros, lo que sugiere la necesidad de fortalecer los sistemas de contabilidad ambiental para reflejar con mayor precisión el impacto real de la operación.

La matriz FODA elaborada para Refoenergy Villanueva revela un panorama claro para la toma de decisiones estratégicas. Entre las fortalezas destacan la capacidad instalada de generación limpia, la alianza con empresas líderes en energía renovable y un contrato estable que garantiza ingresos. Las debilidades internas, como la dependencia de un solo tipo de biomasa y los costos logísticos elevados, limitan la eficiencia operativa. En el entorno externo, las oportunidades incluyen el creciente apoyo gubernamental a energías renovables y el potencial de expansión, mientras que las amenazas comprenden cambios regulatorios y la competencia con otras tecnologías más económicas. Esta herramienta facilita que la empresa diseñe estrategias que potencien sus ventajas y mitiguen riesgos, promoviendo un mejor desempeño ambiental y financiero sostenible en el tiempo.

El diseño de una matriz de indicadores financieros ambientales es esencial para que Refoenergy pueda medir, controlar y optimizar la relación entre sus costos ambientales y su desempeño económico. Indicadores como el costo ambiental por MWh, eficiencia en el uso de biomasa, reducción de emisiones de CO₂eq, retorno sobre inversión ambiental y porcentaje de costos ambientalmente internalizados permiten evaluar la rentabilidad y sostenibilidad de las inversiones en tecnologías limpias y mitigación. Además, la generación de ingresos adicionales a través de la venta de créditos de carbono fortalece la viabilidad financiera del proyecto. La implementación sistemática de estos indicadores facilita la toma de decisiones informadas, mejora la transparencia financiera y ambiental, y posiciona a la planta como un referente en eficiencia económica y responsabilidad ambiental dentro del sector energético colombiano.

7. RECOMENDACIONES

Es importante la implementación de un sistema integrado de monitoreo ambiental y financiero que permita recopilar y analizar datos en tiempo real, facilitando la identificación rápida de áreas de mejora y optimización en la gestión de recursos y costos.

La ampliación de la contabilidad ambiental permite incluir costos indirectos y externalidades, como el impacto en la biodiversidad y el uso del agua, asegurando una valoración completa y precisa de los costos ambientales asociados a la operación.

Se requiere la actualización periódicamente la matriz FODA y utilizarla como base para diseñar estrategias que potencien fortalezas y oportunidades, mientras se mitigan debilidades y amenazas, involucrando a todos los niveles de la organización para asegurar su efectividad.

Finalmente se debe Integrar indicadores financieros ambientales clave en el sistema de gestión empresarial para monitorear continuamente el desempeño ambiental y económico, facilitando la toma de decisiones informadas que promuevan la eficiencia y sostenibilidad financiera.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACP (2018). Informe sobre costos operacionales en el sector petrolero colombiano.
- Beltrán Moreno, D. R. (2023). Optimización de tiempos en operaciones de intervención a pozos petroleros. Universidad EAN.
- BP. (2019). Informe anual sobre desempeño ambiental y de seguridad.
- Calverley, J., & Anderson, M. C. (2022). The Petroleum Industry and Sustainability. *Journal of Energy Economics*, 10(3), 123-135. doi: 10.1016/j.jeecon.2022.02.001
- EDF Colombia & Refocosta. (2023, enero 23). EDF Colombia y Refocosta construirán planta de biomasa para generación de energía limpia en Villanueva (Casanare). Ecopetrol. <https://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/Home/es/noticias/detalle/edf-colombia-y-refocosta-construiran-planta-de-biomasa>
- Ledesma, F. (2015). Análisis de costos para la toma de decisiones en la industria petrolera. Universidad Nacional.
- Lombo, J. (2023). Presentación Refoenergy Colombia [Archivo PDF]. Slideshare. <https://es.slideshare.net/slideshow/presentacion-refoenergy-julieth-lombo-refoenergy-colombiapdf/254915834>
- Lusting, H. G. (1974). Environmental Impact Assessment for Oil Exploration Projects. *Environmental Science & Technology*, 8(5), 444–449. doi: 10.1021/es60093a501
- Neiro, J., & Pinto, A. (2020). Optimización en cadenas de suministro del sector hidrocarburos. CORE.
- OCDE. (2020). Prácticas empresariales sostenibles: argumentos económicos a favor de la acción.
- Pérez, MM (2021). Matriz Ambiental: Aspectos e Impactos. Kawak.

Refoenergy. (2024). Proyecto ambiental - Unidades productivas.
<https://www.refoenergy.com/responsabilidad-ambiental/proyecto-ambiental-unidades-productivas/>

Unidad Investigativa Revista RAYA. (2024, noviembre 14). El turbio negocio de los Santo Domingo con el gobierno Duque que tiene a oscuras a Puerto Carreño. Revista RAYA. <https://revistaraya.com/el-turbio-negocio-de-los-santo-domingo-con-el-gobierno-duque-que-tiene-a-oscuras-a-puerto-carreno.html>

UPME. (2023). Análisis de la gasificación de biomasa con generación eléctrica [Informe PDF]. Unidad de Planeación Minero-Energética. https://www1.upme.gov.co/Documents/Enfoque-territorial/Resultados_convenios/AnalisisbiomasaBuenaventura.pdf

F-DC-125

**INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE PROYECTO
DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO, MONOGRAFÍA,
EMPRENDIMIENTO Y SEMINARIO**

VERSIÓN: 2.0

ELABORADO POR:
Docencia

REVISADO POR:
Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión
FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023