

**Escuela Superior Politécnica del Litoral**

**Facultad de Ciencias Sociales y Humanísticas**

Integración de energía solar para la optimización energética, administrativa y  
financiera bajo la norma ISO 50001:2018

**Proyecto Integrador**

Previo la obtención del Título de:

**Licenciatura en Administración de Empresas**

Presentado por:

Santiago Javier Cabrera Vásquez

Juan Alonso Jimenez Indio

Guayaquil - Ecuador

Año: 2025

## **Dedicatoria**

---

A mi familia, por ser mi mayor inspiración desde que era niño. Gracias por su amor incondicional, por apoyarme siempre en cada paso y por enseñarme, con su ejemplo, que el esfuerzo y la perseverancia son el camino al éxito. Gracias por acompañarme en este recorrido y motivarme a ser mejor cada día. Este logro no es solo mío, sino también de ellos, porque con su apoyo constante y sus palabras de aliento me han dado la confianza para superar cada reto. A todos ustedes les dedico este trabajo, con profunda gratitud y cariño.

*Santiago Javier Cabrera Vásquez*

## **Dedicatoria**

---

Dedico este trabajo con profunda gratitud a mis padres, Wilmer y Jazmín, por sus incansables esfuerzos y su apoyo incondicional, que son pilares importantes en mi vida. A mis hermanos, Adonis y Adrián, por su compañía y su aliento en los momentos difíciles. A mis amigos, Darwin, Ángela y Roxana, por su sincera amistad durante este periodo. A mis abuelos Juan y Graciela, en especial a mi viejito Juan, que guía mis pasos desde el cielo y sigue siendo mi inspiración. Y a mi compañero de tesis Santiago, por su compromiso, su apoyo y sus esfuerzos conjuntos en cada etapa de este proceso. Este logro es tan mío como ustedes.

*Juan Alonso Jimenez Indio*

## **Agradecimientos**

---

Queremos expresar nuestro más sincero  
agradecimiento a la Escuela Superior  
Politécnica del Litoral por brindarnos la  
formación académica y personal que nos ha  
permitido alcanzar esta meta.

Agradecemos a nuestro tutor Giovanny  
Bastidas por su constante apoyo, orientación  
y valiosos consejos, que fueron  
fundamentales para el desarrollo de este  
trabajo. A nuestro profesor de materia, Pablo  
Soriano, por su compromiso y dedicación en  
cada etapa de este proceso, así como al  
ingeniero Hugo Avecillas por compartir con  
nosotros su experiencia y visión, lo que  
contribuyó significativamente a fortalecer  
nuestro proyecto.

*Santiago Javier Cabrera Vásquez*

*Juan Alonso Jimenez Indio*

## **Declaración Expressa**

---

Nosotros, Santiago Javier Cabrera Vásquez y Juan Alonso Jimenez Indio, acordamos y reconocemos que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí/nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me/nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi/nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique al/los autor/es que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 26 de Mayo del 2025



Santiago Javier Cabrera Vasquez



Juan Alonso Jimenez Indio

## **Evaluadores**

---

**Pablo Antonio Soriano Idrovo**

Profesor de Materia

---

**Giovanny Francisco Bastidas Riofrío**

Tutor de proyecto

## **Resumen**

El objetivo de este estudio es desarrollar un modelo de negocio sostenible que integre la energía solar con la norma ISO 50001:2018 para responder a la dependencia de la red eléctrica nacional, las fluctuaciones climáticas y los altos costos energéticos a los que se enfrentan las empresas ecuatorianas. La hipótesis es que la aplicación combinada de soluciones fotovoltaicas y la gestión energética de acuerdo con esta norma permitirá aumentar la eficiencia, reducir los costos y mejorar la resiliencia organizativa. La justificación radica en la necesidad de diversificar la combinación energética, cumplir con la normativa aplicable y promover la sostenibilidad corporativa. Para el desarrollo del proyecto se optó por un enfoque mixto, que combina el análisis de documentos, entrevistas a expertos y el desarrollo de un modelo estructurado basado en el *Business Model Canvas*, adaptado al ciclo PHVA de la norma ISO 50001:2018. Los resultados confirmaron la viabilidad técnica, económica y operativa de la propuesta y pusieron de manifiesto los beneficios en términos de eficiencia, competitividad y sostenibilidad. En resumen, el modelo representa una alternativa reproducible que permite a las empresas optimizar su desempeño energético y medioambiental, cumplir con las normas internacionales y contribuir a los objetivos de desarrollo sostenible.

**Palabras Clave:** Sostenibilidad empresarial, transición energética, gestión organizacional, resiliencia.

**Abstract**

*The objective of this study is to develop a sustainable business model that integrates solar energy with the ISO 50001:2018 standard to respond to the dependence on the national electricity grid, climate fluctuations, and high energy costs faced by Ecuadorian companies. The hypothesis is that the combined application of photovoltaic solutions and energy management in accordance with this standard will increase efficiency, reduce costs, and improve organizational resilience. The rationale lies in the need to diversify the energy mix, comply with applicable regulations, and promote corporate sustainability. A mixed approach was chosen for the development of the project, combining document analysis, expert interviews, and the development of a structured model based on the Business Model Canvas, adapted to the PDCA cycle of the ISO 50001:2018 standard. The results confirmed the technical, economic, and operational feasibility of the proposal and highlighted the benefits in terms of efficiency, competitiveness, and sustainability. In summary, the model represents a reproducible alternative that allows companies to optimize their energy and environmental performance, comply with international standards, and contribute to sustainable development goals.*

*Keywords:* Corporate sustainability, energy transition, organizational management, resilience.

## Índice general

Resumen .....	1
<i>Abstract</i> .....	2
Índice general .....	3
Abreviaturas .....	6
Capítulo 1 .....	8
1.    Introducción .....	9
1.1    Descripción del Problema.....	9
1.2    Justificación del Problema.....	11
1.3    Objetivos.....	13
1.3.1    Objetivo general.....	13
1.3.2    Objetivos específicos .....	13
1.4    Marco teórico.....	13
1.4.1    Energía Solar Fotovoltaica.....	13
1.4.2    Principios Básicos de la Energía Solar .....	14
1.4.3    Ventajas y Limitaciones de la Energía Solar .....	14
1.4.4    Eficiencia y Optimización Energética .....	15
1.4.5    Indicadores y Métricas de Consumo Energético .....	15
1.4.6    Norma ISO 50001:2018.....	15
1.4.7    Requisitos Clave de la Norma para un Sistema de Gestión Energética.....	16
1.4.8    Barreras y Oportunidades para la Adopción de Energía Solar .....	17

1.4.9	Modelos de Negocio Sostenibles .....	17
1.4.10	Recursos para la Implementación de un Modelo de Negocio.....	18
1.4.11	Evaluación Financiera y Económica.....	18
1.4.12	Evaluación Económica.....	19
	Capítulo 2 .....	21
2.	Metodología .....	22
2.1	Enfoque metodológico.....	22
2.2	Métodos y técnicas de investigación .....	22
2.3	Diseño del modelo .....	24
2.4	Evaluación económica y financiera .....	25
	Capítulo 3 .....	27
3.	Resultados y análisis .....	28
3.1	Matriz energética y situación actual .....	28
3.1.1	Demanda y déficit energético .....	30
3.1.2	Impacto económico .....	32
3.1.3	Contexto legal y regulatorio de la eficiencia energética en Ecuador .....	34
3.2	Análisis de la norma ISO 50001:2018 y su aplicabilidad .....	35
3.3	Estratificación del consumo eléctrico en el sector industrial .....	37
3.4	Propuesta del BMC.....	38
3.5	Evaluación económica y financiera del modelo .....	41
3.5.1	Consideraciones preliminares del sistema fotovoltaico .....	41
3.5.2	Detalle de costos del sistema fotovoltaico .....	42

3.5.3 Ahorro anual .....	43
3.5.4 Implementación de cláusulas de la normativa ISO.....	44
3.6 Flujo de efectivo .....	45
3.6.1 Valor Actual Neto .....	47
3.6.2 Tasa Interna de Retorno .....	47
3.6.3 Tiempo de recuperación.....	47
3.6.4 Retorno sobre la inversión .....	47
3.6.5 Índice de rentabilidad o relación Costo-Beneficio.....	48
Capítulo 4 .....	49
4. Conclusiones y recomendaciones.....	50
4.1 Conclusiones.....	50
4.2 Recomendaciones .....	51
Referencias .....	52

## Abreviaturas

ARCONEL: Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Renovables

AV: Alto Voltaje

BEN: Balance Energético Nacional

B/C: Relación Beneficio – Costo

BNEE: Balance Nacional de Energía Eléctrica

BV: Bajo Voltaje

EnB: Línea base energética (Energy Baseline)

EnPI: Indicador de desempeño energético (Energy Performance Indicator)

GWh: Gigavatio-hora

HSP: Horas Sol Pico

INEN: Instituto Ecuatoriano de Normalización

ISO: Organización Internacional de Normalización (International Organization for Standardization)

KWh: Kilovatio-hora

KWp: Kilovatio pico

LOEE: Ley Orgánica de Eficiencia Energética

Mbep: Millones de barriles equivalentes de petróleo

MV: Medio Voltaje

MW: Megavatio

MWh: Megavatio-hora

ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible

PIB: Producto Interno Bruto

PHVA: Planificar, Hacer, Verificar, Actuar

PME: Plan Maestro de Electricidad

PND: Plan Nacional de Desarrollo

ROI: Retorno sobre la inversión

SGEn: Sistema de Gestión de la Energía

TCO<sub>2</sub>: Toneladas de dióxido de carbono

TIR: Tasa Interna de Retorno

USE: Usos Significativos de Energía

VAN: Valor Actual Neto

W<sub>p</sub>: Vatio pico

## **Capítulo 1**

## 1. Introducción

Ecuador se enfrenta a una situación complicada en el ámbito energético. Aunque el país tiene una gran capacidad para aprovechar la energía solar debido a su posición geográfica en la franja ecuatorial, aún depende en gran medida de las fuentes no renovables y de la producción hidroeléctrica. Los cambios climáticos y el incremento de la demanda energética han hecho que esta situación se vuelva cada vez más crítica, lo que ha ocasionado apagones recurrentes, costos operativos altos para las empresas y una sostenibilidad del sistema eléctrico nacional que es escasa.

El sector empresarial, que es vital para el progreso económico del país, tiene obstáculos importantes para implementar energías renovables. La falta de conocimiento técnico, la carencia de modelos de negocio bien organizados y la implementación limitada de sistemas para gestionar la energía, como los que se proponen en la norma ISO 50001:2018, son algunas de estas barreras. Esta norma global define las pautas para optimizar el rendimiento energético de una institución, lo que ayuda a bajar los costos operativos y la emisión de carbono y, al mismo tiempo, mejora su competitividad.

En este escenario, se hace necesario crear un modelo de negocio sostenible, que pueda replicarse y sea viable desde el punto de vista técnico. Este modelo tiene como objetivo fomentar la utilización de energía solar en las compañías ecuatorianas, alineado con los principios de la norma ISO 50001:2018. Esta propuesta haría posible no solo minimizar las consecuencias medioambientales de la industria, sino también promover una transformación estructural hacia una economía más eficaz, resiliente y comprometida al desarrollo sostenible.

### 1.1 Descripción del Problema

Una de las crisis energéticas más graves en la historia reciente de Ecuador ocurrió en 2024. En algunas áreas del país, los racionamientos de electricidad llegaron a ser de hasta 14 horas todos los días, lo cual tuvo un impacto muy negativo en la producción, el comercio, los

servicios y millones de familias. La situación demostró las serias debilidades estructurales del sistema energético del país, que se ha visto sobrepasado por el incremento de la demanda y las consecuencias del cambio climático.

El modelo energético del Ecuador es centralizado, ya que depende en gran medida de la producción hidroeléctrica, que constituye el 58,53% de su capacidad instalada. A pesar de que el 95,84 % de la energía producida proviene de fuentes renovables, este porcentaje refleja una gran vulnerabilidad estructural: la producción depende de ríos cuyo caudal ha bajado considerablemente en temporadas secas debido al calentamiento global. Cuando el sistema de agua es ineficiente, la nación depende de fuentes térmicas caras y contaminantes o importa energía desde Colombia, lo que produce una intensa presión económica y fiscal.

Uno de los problemas más importantes del modelo vigente es la escasa diversificación de la matriz energética. La energía fotovoltaica, a pesar de que Ecuador tiene un potencial solar muy alto —con niveles de irradiación superiores a 4 kWh/m<sup>2</sup>/día durante todo el año—, solo representa el 0,21 % de la capacidad instalada y el 0,13 % de la producción energética. La incorporación de tecnologías limpias al sistema se ve limitada por una mezcla de barreras económicas, técnicas y culturales, lo que explica el bajo aprovechamiento de los recursos renovables.

Asimismo, numerosas compañías funcionan sin una estrategia energética definida ni instrumentos de gestión actualizados. La ausencia de una cultura corporativa enfocada en el rendimiento energético y la sostenibilidad se evidencia en la implementación limitada de la norma ISO 50001:2018, que brinda un marco sistemático para optimizar el desempeño energético. La falta de información técnica, la creencia de que los costos de implementación son elevados, la escasez de incentivos por parte del gobierno y la difusión restringida a nivel nacional acerca de ejemplos exitosos son las razones principales por las que hay una adopción baja.

Las repercusiones de esta combinación de factores fueron graves: el Comité Empresarial Ecuatoriano informó que cada hora sin electricidad causó pérdidas de hasta 12 millones de dólares, mientras la Cámara de Industrias y Producción reportó un impacto diario de 70,5 millones en la industria. El Banco Central del Ecuador estimó que el PIB nacional se redujo en un 2 % como consecuencia de las interrupciones eléctricas.(Forbes EC, 2024)

En esta situación, la transición energética en Ecuador no puede ser vista solamente como una solución temporal a la crisis eléctrica; también tiene que ser considerada como un progreso hacia un desarrollo sostenible. Cabello Gómez et al. (2021) sostiene que la energía solar es una opción factible para disminuir la dependencia de combustibles fósiles y robustecer la capacidad de recuperación del sistema eléctrico ante peligros climáticos. Esto demuestra que hay que progresar hacia un modelo más diversificado y descentralizado, que incorpore tecnologías limpias, como la solar, y adopte normas de gestión energética como la ISO 50001:2018. El objetivo es optimizar la eficiencia operativa del sector productivo y disminuir la vulnerabilidad frente a crisis venideras.

## 1.2 Justificación del Problema

El uso eficiente de la energía es un elemento estratégico para la sostenibilidad ambiental y también para que las empresas sean competitivas. La limitada cultura energética en el sector privado de Ecuador ha frenado el progreso de iniciativas organizadas que incorporen fuentes renovables, como la solar. No solo la rentabilidad de las compañías se ve afectada negativamente por esta falta de acción, sino también la capacidad del país para resistir crisis climáticas y energéticas que ocurren con mayor frecuencia.

Diseñar un modelo de negocio basado en el uso de energía solar, alineado con los principios de la norma ISO 50001:2018, representa una solución viable, replicable y adaptada al contexto ecuatoriano. Esta propuesta permitiría a las empresas optimizar sus procesos

productivos, reducir costos operativos y fortalecer su desempeño ambiental, al mismo tiempo que las posiciona de manera más competitiva frente a las crecientes exigencias de los mercados nacionales e internacionales.

Además, la implementación de este modelo de negocio contribuirá directamente a la Agenda 2030, específicamente a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) como lo son el ODS 7: Energía asequible y no contaminante, el ODS 9: Industria, innovación e infraestructura y el ODS 13: Acción por el clima.

A nivel nacional, el proyecto también se alinea con las prioridades del Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2024–2025 (Secretaría Nacional de Planificación, 2024), particularmente dentro del eje de Infraestructura, Energía y Ambiente, que establece como meta la promoción del uso de energías limpias, la mejora en la eficiencia energética aumentando la capacidad y potencia instalada, así como la resiliencia del sistema eléctrico frente al cambio climático dentro del objetivo 7, política 7.1. De esta manera, el presente estudio no solo tiene un impacto técnico y económico en el ámbito empresarial, sino que también responde a los lineamientos de planificación estratégica del país.

Por último, el modelo promoverá una transformación cultural hacia la sostenibilidad al impulsar la adopción de tecnologías limpias y herramientas de gestión energética estandarizadas, lo que permitirá a las empresas desarrollar habilidades técnicas y organizativas. Esto no solo tiene beneficios para una organización específica, sino que también tiene el potencial de ser un modelo a seguir para otras instituciones que deseen incluir energías limpias en sus operaciones, lo cual tendrá un efecto positivo en todo el sistema productivo del país.

### 1.3 Objetivos.

#### 1.3.1 *Objetivo general*

Diseñar un modelo de negocio viable y sostenible basado en soluciones de energía solar, alineado a la norma ISO 50001:2018, que contribuya a la mejora del desempeño energético, financiero y competitivo de empresas ecuatorianas.

#### 1.3.2 *Objetivos específicos*

1. Analizar el contexto energético y normativo en Ecuador relacionado con la gestión energética y el uso de energías limpias.
2. Identificar las necesidades, motivaciones y barreras de las empresas frente a la adopción de soluciones solares y la certificación ISO 50001:2018.
3. Establecer los recursos técnicos, humanos, financieros y normativos necesarios para la implementación del modelo de negocio propuesto.
4. Evaluar la factibilidad financiera, económica, operativa y ambiental del modelo.

### 1.4 Marco teórico

#### 1.4.1 *Energía Solar Fotovoltaica*

La energía solar es una fuente renovable que permite transformar la radiación solar en energía eléctrica a través de paneles fotovoltaicos. Diversos estudios demuestran que los países ubicados en la franja ecuatorial presentan altos niveles de irradiación solar durante todo el año, lo que convierte a Ecuador en una región altamente propicia para su aprovechamiento (International Energy Agency, 2021). Además, la tecnología fotovoltaica ha disminuido considerablemente sus costos en la última década, lo que la hace más accesible para el sector privado (IRENA, 2025).

#### ***1.4.2 Principios Básicos de la Energía Solar***

La energía solar es una fuente renovable que proviene de la radiación generada por el Sol y puede ser convertida en energía térmica o eléctrica a través de tecnologías concretas. La energía solar térmica, que transforma la radiación en calor para su uso tanto industrial como doméstico; y la energía solar fotovoltaica, que convierte la luz del sol en electricidad son las dos formas principales de utilización. (U.S. Department of Energy, s. f.)

El desempeño de los sistemas solares se halla determinado por elementos tales como la orientación de los paneles, las condiciones del clima, la irradiancia, la ubicación geográfica y el tipo de tecnología utilizada. Ecuador, al estar ubicado encima de la línea ecuatorial, tiene una irradiación media superior a 4,0 kWh/m<sup>2</sup>/día durante todo el año; esto implica que existe una gran capacidad para desarrollar proyectos solares. (IRENA, 2025)

#### ***1.4.3 Ventajas y Limitaciones de la Energía Solar***

La energía solar brinda ventajas significativas: es silenciosa, renovable, limpia y tiene un bajo impacto en el medio ambiente. Su utilización posibilita la disminución de las emisiones contaminantes, menor dependencia de combustibles fósiles y la producción de electricidad modular y descentralizada, lo que es óptimo para áreas urbanas e industriales. (Quaschning, 2016)

No obstante, tiene restricciones técnicas y económicas. Si no se complementa con otras fuentes, la falta de fiabilidad puede surgir debido a la intermitencia solar y a la necesidad de almacenar energía. Asimismo, el desconocimiento técnico, la ausencia de incentivos y el coste inicial de inversión continúan siendo obstáculos comunes para su adopción, sobre todo en naciones en vías de desarrollo. (REN21, 2023)

#### **1.4.4 Eficiencia y Optimización Energética**

La eficiencia energética se refiere al uso racional y responsable de la energía para obtener el máximo rendimiento con el menor consumo posible, sin afectar la calidad o cantidad del servicio. Optimizar el uso de energía implica implementar tecnologías, procesos y prácticas que reduzcan pérdidas, mejoren el desempeño de los sistemas y minimicen costos operativos.

(REN21, 2023)

#### **1.4.5 Indicadores y Métricas de Consumo Energético**

Los indicadores de consumo energético posibilitan el análisis, la supervisión y la comparación del rendimiento energético de una entidad a través del tiempo o en relación con otros competidores del mismo sector. Su uso es fundamental para el diseño de políticas eficientes, la adopción de sistemas de gestión como el que plantea la norma ISO 50001:2018 (ISO, 2018), así como para tomar decisiones estratégicas. Algunos de los indicadores más frecuentes son:

- Consumo total de energía (kWh)
- Intensidad energética (kWh/unidad de producto o servicio)
- Consumo energético per cápita (kWh/habitante)
- Índice de desempeño energético (EnPI)
- Factor de carga o eficiencia operacional (%)
- Emisiones evitadas (toneladas de CO<sub>2</sub>)

#### **1.4.6 Norma ISO 50001:2018**

La ISO 50001:2018 proporciona un marco para establecer sistemas y procesos necesarios para mejorar el desempeño energético de las organizaciones. Se basa en el ciclo de mejora continua (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar) y permite una integración con otros sistemas de

gestión como ISO 9001 e ISO 14001. Su implementación permite a las empresas reducir costos, cumplir regulaciones ambientales y mejorar su imagen corporativa (ISO, 2018)

#### ***1.4.6.1 Origen y Propósito de la Norma***

La norma ISO 50001:2018 fue creada para hacer frente a la necesidad global de abordar los retos vinculados con el consumo excesivo de energía, el crecimiento de los costos operativos y las consecuencias medioambientales que resultan de sistemas energéticos poco eficientes. La Organización Internacional de Normalización (ISO), a través de su comité técnico ISO/TC 301, creó esta herramienta estandarizada con la finalidad de ayudar a las organizaciones a optimizar su rendimiento energético de manera constante y sustentable. La primera versión fue lanzada en 2011 y su objetivo era disminuir los gases de efecto invernadero. Luego, en 2018, se lanzó una segunda versión que se incorpora con otras normas como ISO 14001 e ISO 9001, mejorando así los sistemas de gestión vigentes.

#### ***1.4.7 Requisitos Clave de la Norma para un Sistema de Gestión Energética***

La norma ISO 50001:2018 proporciona un marco estructurado para que las organizaciones implementen un sistema de gestión de la energía (SGEn) efectivo, que facilite la mejora continua del desempeño energético, la eficiencia y la reducción de costos y emisiones de gases de efecto invernadero (ISO, 2018). A continuación, se detallan sus requisitos fundamentales:

- Contexto de la organización
- Liderazgo y compromiso
- Planificación energética
- Soporte
- Operación

- Evaluación del desempeño
- Mejora continua

#### ***1.4.7.1 Cláusulas relevantes y aplicabilidad en distintos tipos de empresa***

Para una implementación progresiva de un SGEN, algunas de las cláusulas más significativas son:

- Toma de conciencia (7.3): Asegura que el personal entienda lo importante que es la gestión energética.
- Comunicación (7.4): Crea flujos de información efectivos dentro y fuera de la organización.
- Diseño (8.2): Incorpora criterios relacionados con la energía en proyectos y construcciones nuevos.
- Línea base energética (6.4): Establece el punto de referencia para el cálculo de mejoras.

Estas cláusulas son relevantes para instituciones de servicios, educativas, comerciales e industriales, y se ajustan a las necesidades de cada sector (ISO, 2018).

#### ***1.4.8 Barreras y Oportunidades para la Adopción de Energía Solar***

La literatura identifica barreras como la falta de información, costos iniciales elevados, desconocimiento técnico y ausencia de incentivos públicos. Sin embargo, también se reconocen oportunidades como el descenso de los costos tecnológicos, la creciente conciencia ambiental y las políticas globales de descarbonización. (REN21, 2023)

#### ***1.4.9 Modelos de Negocio Sostenibles***

Las estrategias de los modelos de negocio sostenibles incorporan elementos económicos, sociales y medioambientales. El enfoque Triple Bottom Line (Elkington, 1997) sostiene que las

organizaciones tienen que evaluar su éxito no solamente en términos de sus beneficios económicos, sino también por el efecto social y ambiental que generan. Para la energía solar, los modelos que han tenido éxito abarcan servicios de financiamiento, alquiler de paneles fotovoltaicos, venta de energía a la red y sistemas de cooperativas energéticas (World Bank, 2021).

#### ***1.4.10 Recursos para la Implementación de un Modelo de Negocio***

La implementación de un modelo de negocio requiere identificar y coordinar adecuadamente distintos tipos de recursos.(Allen et al., 2014)

- Recursos técnicos: equipos físicos (como paneles solares, inversores y sistemas de monitoreo), infraestructura necesaria para su instalación y operación
- Recursos humanos: personal operativo y técnico especializado en energías renovables; perfiles administrativos, financieros y de gestión energética capaces de integrar el modelo dentro de una organización.
- Recursos financieros: costos de inversión inicial, costos operativos y de mantenimiento; opciones de financiamiento, incentivos fiscales y esquemas de retorno de inversión
- Recursos normativos: cumplimiento de marcos regulatorios nacionales (como las resoluciones de ARCONEL) e internacionales (como la norma ISO 50001:2018), que establecen criterios para la eficiencia energética, la mejora continua y la sostenibilidad empresarial.

#### ***1.4.11 Evaluación Financiera y Económica***

Para determinar qué tan factibles son los proyectos de una empresa, se requiere realizar una evaluación económica y financiera. Esto se debe a que dicha evaluación posibilita la

cuantificación del impacto económico de una inversión en términos de costos, ingresos, rentabilidad y sustentabilidad a largo plazo. Es necesario no solo justificar la inversión inicial, sino también los beneficios financieros y el avance en el rendimiento operativo.

#### **1.4.11.1      *Valor Actual Neto***

El Valor Actual Neto (VAN) consiste en calcular la diferencia entre el valor presente de los ingresos y el valor presente de los egresos asociados a la inversión, descontados a una tasa representativa del costo de oportunidad. Si es mayor a cero, el proyecto es financieramente viable, ya que genera valor neto para la organización (Ross et al., 2023)

#### **1.4.11.2      *Tasa Interna de Retorno***

La Tasa Interna de Retorno (TIR) indica la rentabilidad promedio esperada del proyecto. Un proyecto es aceptable si su TIR es mayor que el costo de capital. (Gitman & Zutter, 2012)

#### **1.4.11.3      *Periodo de Recuperación***

El periodo de recuperación mide el tiempo que tarda una inversión en ser recuperada a través de los flujos netos de caja generados. Aunque no considera el valor del dinero en el tiempo ni los beneficios más allá del punto de equilibrio, es útil como medida inicial de riesgo financiero y liquidez del proyecto. (Allen et al., 2014)

#### **1.4.11.4      *Flujos de Caja Proyectados***

Los flujos de caja proyectados permiten estimar la viabilidad de una inversión a lo largo del tiempo, considerando ingresos esperados, ahorros generados, costos de operación y mantenimiento, e inversiones periódicas. (Pindyck & Rubinfeld, 2013)

### **1.4.12 *Evaluación Económica***

La evaluación económica de proyectos va más allá del análisis financiero tradicional, ya que incorpora beneficios no monetarios que generan valor agregado a la organización. Esto incluye la reducción del impacto ambiental, el cumplimiento normativo, la reputación

corporativa y la contribución a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ONU, 2015). La evaluación económica de este proyecto permite justificar la inversión desde una perspectiva integral, destacando no solo la rentabilidad, sino también la sostenibilidad y la resiliencia organizacional (International Energy Agency, 2021).

## **Capítulo 2**

## **2. Metodología**

### **2.1 Enfoque metodológico**

La presente investigación adoptó un enfoque mixto, que combina métodos cualitativos y cuantitativos según la naturaleza de cada objetivo específico. Se combinó el análisis del contexto energético, cláusulas clave de la normativa ISO 50001:2018, la identificación de oportunidades y barreras para la implementación de sistemas de eficiencia energética y energía solar en empresas, y se buscó diseñar un modelo de negocio viable y evaluar su factibilidad operativa, económica, financiera y ambiental.

### **2.2 Métodos y técnicas de investigación**

En una primera etapa, se realizó una revisión documental de fuentes secundarias vigentes, tanto a nivel regional como nacional, entre estas se incluyeron el Balance Energético Nacional (Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables, 2023), el Balance Nacional de Energía Eléctrica (Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables, s. f.) y el Plan Maestro de Electricidad (Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables, 2023), el cual está vigente para el periodo 2023-2032, documentación que permitió extraer datos cuantitativos sobre consumo eléctrico, costos, capacidad instalada y tendencias de demanda, así como indicadores de consumo, generación y distribución de energía.

En cuanto a normativa, hicimos la revisión de la norma ISO 50001:2018, que está vigente a nivel internacional, esta norma nos permitió definir pautas para gestionar la energía de manera eficaz, incluyendo requerimientos para una implementación gradual como parte del modelo propuesto. También se consideró la Ley de Eficiencia Energética del Ecuador, que fomenta y

regula el consumo racional y efectivo de energía en los sectores público y privado, además de establecer responsabilidades y beneficios para su ejecución.

Adicionalmente se contrastó experiencias previas, indicadores aplicables por medio de tesis de grado y posgrado relacionadas con gestión energética e implementación de modelos de negocio similares. El análisis en estas fuentes permitió elaborar un marco contextual y técnico necesario que nos permita sustentar con bases la propuesta del modelo.

Se llevaron a cabo entrevistas semiestructuradas con expertos en gestión energética, quienes están a cargo de las operaciones en entidades con un alto consumo de electricidad, para determinar prácticas, oportunidades, obstáculos o restricciones en la ejecución del modelo. Se eligió a estas personas para la muestra de forma deliberada, teniendo en cuenta su accesibilidad y disponibilidad. Se las escogió por su interés o experiencia en la aplicación de soluciones sostenibles relacionadas con la energía. Ellos nos brindaron datos cualitativos sobre los retos, las percepciones y los incentivos del sector energético. Se optó por realizar entrevistas semiestructuradas debido a su flexibilidad para abordar temas complejos y a la capacidad de modificar preguntas según la ocasión.

Las entrevistas se estructuraron en secciones temáticas que incluyeron:

- Nivel de conocimiento y disposición para implementar un modelo de acuerdo a la norma ISO 50001:2018.
- Percepción y viabilidad de la energía solar dentro de la empresa.
- Barreras técnicas, económicas, regulatorias y culturales para la adopción de soluciones energéticas sostenibles.
- Motivaciones e incentivos para la implementación de sistemas de gestión energética.

- Modelos financieros y comerciales preferidos para la adquisición de alternativas energéticas como la fotovoltaica.

### **2.3 Diseño del modelo**

El modelo de negocio propuesto se desarrolló utilizando el *Business Model Canvas* (Osterwalder & Pigneur, 2010) adaptado al contexto de la norma ISO 50001:2018 y la integración de energía solar. Esta herramienta estructura la propuesta a través de nueve bloques interrelacionados:

- Propuesta de valor: Beneficios diferenciadores que la solución ofrece a las empresas.
- Segmentos de clientes: Grupos de empresas o instituciones que serán beneficiarias del modelo.
- Canales: Vías mediante las cuales se entregará la propuesta de valor.
- Relación con clientes: Estrategias para establecer y mantener el vínculo con los clientes.
- Fuentes de ingresos: Formas en que el modelo generará rentabilidad.
- Recursos clave: Elementos indispensables para implementar el modelo.
- Actividades clave: Acciones esenciales para el funcionamiento del sistema.
- Socios clave: Alianzas estratégicas que faciliten la implementación y replicabilidad.
- Estructura de costos: Todos los rubros necesarios para la ejecución del modelo.

Este modelo incorporó el ciclo PHVA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar) de la norma ISO 50001:2018 para garantizar la mejora continua del desempeño energético:

- Planificar: Diagnóstico energético y definición de metas de ahorro.

- Hacer: Implementación y capacitación.
- Verificar: Monitoreo y evaluación de indicadores.
- Actuar: Ajustes y mejora continua.

## **2.4 Evaluación económica y financiera**

Se examinó la factibilidad de varios métodos de financiación y retorno de inversión desde una perspectiva financiera, tomando en cuenta los incentivos normativos y las ventajas que conlleva la certificación ISO 50001, que no solo brinda ahorros económicos, sino también valor estratégico en lo que respecta a reputación y cumplimiento normativo. (Gallardo & Sanunga, 2019)

Se consideró costos de inversión inicial, los cuales incluyen adquisición e instalación de paneles solares como alternativa para el modelo, costos de operación, capacitación, mantenimiento, aplicación del sistema. Se estimaron ahorros energéticos derivados de la reducción del consumo eléctrico proveniente de la red, calculados en función de generación proyectada por el sistema fotovoltaico y tarifas eléctricas vigentes.

Se optó por la elaboración de flujos de caja proyectados como herramienta principal para evaluar la viabilidad económica debido a su capacidad para representar de manera clara y dinámica la entrada y salida de recursos financieros en el tiempo, permitiendo evaluar la liquidez, rentabilidad y recuperabilidad de la inversión. (López, 2019)

El periodo de análisis para la proyección financiera fue de 20 años, considerando la vida útil estimada de los sistemas solares y la permanencia del modelo operativo. Durante este horizonte temporal se incluyeron los costos iniciales de inversión, costos recurrentes, ingresos esperados por ahorro energético y beneficios adicionales derivados de la aplicación de los estándares de la norma ISO 50001.

Se calcularon indicadores financieros claves para determinar la eficiencia y viabilidad del modelo:

- Valor Actual Neto (VAN): Mide el valor presente de los flujos futuros descontados a una tasa determinada. Un VAN positivo indica que los ingresos futuros superan los costos, haciendo viable la inversión.  $\sum_{t=0}^N \frac{Flujo}{(1+r)^t}$
- Tasa Interna de Retorno (TIR): Representa la tasa de descuento que iguala a cero el VAN. Si la TIR es mayor que la tasa mínima aceptable de rendimiento, el proyecto es rentable.
- Periodo de Recuperación (Payback): Tiempo necesario para recuperar la inversión inicial a partir de los flujos netos positivos. Un payback corto es preferible para reducir riesgos financieros.
- Relación Beneficio/Costo (B/C): Se calcula como el cociente entre el valor presente de los beneficios y el valor presente de los costos. Si  $B/C > 1$ , el proyecto es económicamente viable; si  $B/C = 1$ , los beneficios igualan los costos; y si  $B/C < 1$ , el proyecto no es rentable.

Estos indicadores permitieron validar la factibilidad financiera del modelo y soportar la toma de decisiones estratégicas para su implementación y escalabilidad.

## **Capítulo 3**

### 3. Resultados y análisis

#### 3.1 Matriz energética y situación actual

Ecuador cuenta con una matriz energética predominantemente hidroeléctrica, donde más del 70 % de la electricidad generada proviene de fuentes hídricas, con especial protagonismo de las centrales Coca Codo Sinclair y Paute–Mazar. Esta alta dependencia ha expuesto al país a vulnerabilidades en períodos de sequía, como ocurrió a finales de 2023 y durante gran parte de 2024, cuando el fenómeno climático redujo drásticamente los caudales de los ríos y desencadenó una crisis energética sin precedentes.

Según BBC News (2024), la Central Hidroeléctrica de Coca Codo Sinclair, con una potencia instalada de 1 500 MW, registró un déficit de generación cercano al 40 % respecto a su promedio histórico. De forma paralela, la Central Hidroeléctrica de Paute, en Azuay, sufrió fallos técnicos vinculados tanto a la operatividad de equipos de transmisión como a la disminución de caudales, reduciendo significativamente su capacidad de aporte al sistema (EFE, 2023). Estos eventos, sumados a incendios forestales que afectaron líneas de transmisión y a la escasa diversificación de la matriz, profundizaron los apagones.

La crisis comenzó a evidenciarse desde octubre de 2023 con cortes de entre 2 y 4 horas diarios. Sin embargo, en 2024 los racionamientos se ampliaron hasta 8–14 horas diarias, afectando hogares e industrias. Frente a esta situación, el presidente Daniel Noboa declaró la emergencia del sector eléctrico el 16 de abril de 2024 mediante Decreto Ejecutivo No. 226 (Declaratoria de emergencia en el sector eléctrico, 2024), seguida de un estado de excepción nacional establecido en el Decreto No. 227 (Estado de excepción por crisis energética, 2024) para garantizar medidas urgentes.

Las respuestas incluyeron varias estrategias:

- Barcaza flotante Karpowership: una planta de 100 MW instalada en Posorja (Guayas), que aportó entre el 20–25 % del déficit nacional estimado en 400–500 MW.
- Importación de energía desde Colombia: con capacidad de hasta 450 MW, aunque a costos elevados (hasta \$0,60/kWh durante los picos de la crisis).
- Apoyo del sector privado: a través de autogeneradores propios en industrias, que ayudaron a reducir la presión sobre la red.
- Progen (Proyecto de Generación Provisional): concebido para adicionar entre 400–500 MW térmicos mediante generadores móviles, pero que enfrentó retrasos y no alcanzó el impacto esperado.
- Medidas económicas: alivios financieros a las familias para mitigar el impacto de los apagones.
- Marco legal: aprobación de la Ley de Competitividad Energética (enero de 2024), que elevó de 10 MW a 100 MW el límite de generación privada, buscando atraer inversión en energías renovables y nuevas tecnologías.

**Figura 1**

*Línea de tiempo crisis energética Ecuador*



El Gobierno declaró el 20 de diciembre la suspensión de los racionamientos eléctricos, lo que redujo la presión económica y social en las festividades gracias a las lluvias, a la barcaza entrante y al incremento de las importaciones.(AP News, 2024)

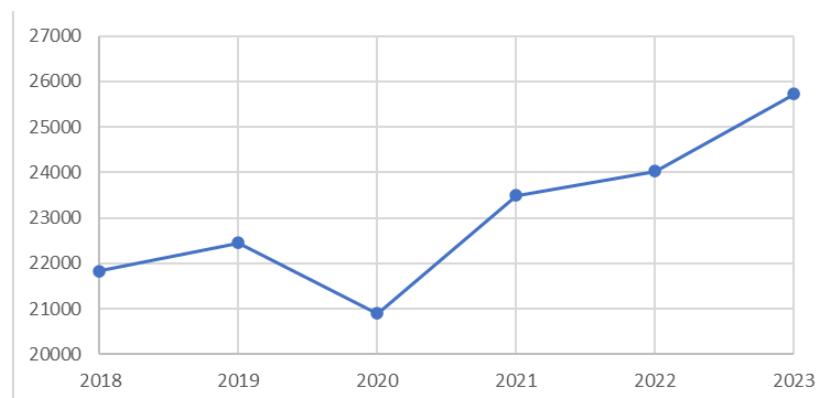
En última instancia, esta crisis mostró dos componentes estructurales: (i) la fragilidad de una matriz con alta concentración en hidroeléctricas y expuesta a factores climáticos, y (ii) la necesidad apremiante de diversificar hacia fuentes limpias como las eólicas, solares y biomasa, además de robustecer el almacenamiento y la interconexión entre regiones. Por ejemplo, la generación hidráulica bajó al 73,6% en agosto de 2025, cuando el promedio mensual era del 85%. Esto llevó a que el país tuviera que compensar la diferencia con térmicas (23%) e importaciones (3%), lo cual demuestra la necesidad de una planificación más resistente. (El Comercio, 2025)

### ***3.1.1 Demanda y déficit energético***

La demanda de electricidad en Ecuador ha mostrado un crecimiento sostenido en los últimos años. En 2023, el consumo alcanzó los 25.724 GWh, lo que representa un incremento del 7 % respecto al año anterior. Esta tendencia se aprecia en la evolución histórica del consumo eléctrico, que, salvo la caída de 2020 producto de la pandemia, ha mantenido un comportamiento ascendente. (Primicias, 2025)

#### **Figura 2**

*Evolución del consumo eléctrico en Ecuador 2018-2023*

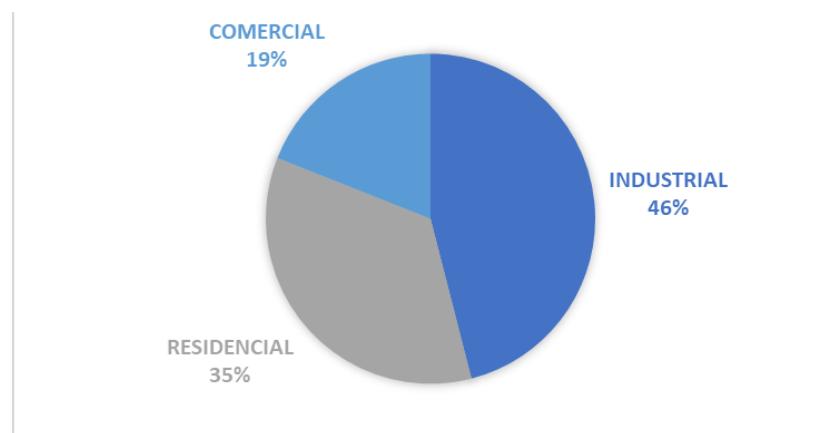


En 2024, el sistema eléctrico enfrentó un déficit de aproximadamente 1.080 MW, equivalente al 22 % de la demanda máxima nacional. Este déficit provino de la diferencia entre la demanda pico ( $\approx$ 4.800 MW) y la capacidad efectiva disponible ( $\approx$ 3.700 MW), obligando a implementar racionamientos y a recurrir a importaciones de energía, principalmente desde Colombia .

El impacto de esta situación se explica también a partir de la estructura del consumo nacional: el sector industrial concentra el 46 % de la demanda, seguido del residencial (35 %) y el comercial y otros (19 %). Esto refleja que tanto la actividad productiva como la vida cotidiana de los hogares se vieron gravemente afectados por los apagones.

**Figura 3**

*Estructura del consumo*



Adicionalmente, el parque termoeléctrico nacional no logró compensar el déficit debido a una alta tasa de indisponibilidad: más de un tercio de sus plantas tienen entre 30 y 52 años de antigüedad, lo que se traduce en problemas de obsolescencia tecnológica, baja eficiencia (25–30 %), elevados costos de operación y falta de mantenimiento oportuno. Esta limitada capacidad de respuesta impidió cubrir la creciente demanda durante la crisis de 2024.

El déficit también refleja la falta de visión estratégica en muchas organizaciones. Como señaló Pablo Soriano, consultor en eficiencia energética, “el principal problema es la ausencia de

planificación energética a largo plazo, pues la energía se percibe como un costo operativo más y no como una variable estratégica” (Soriano, 2025).

De igual manera, Hugo Avecillas, auditor líder en ISO 50001:2018, resaltó que “existen barreras económicas como el costo inicial de las inversiones en eficiencia energética y la falta de financiamiento, lo que impide a las empresas reaccionar de forma oportuna” (Avecillas, 2025).

En síntesis, el déficit energético no solo responde a la sequía de 2024, sino también a una tendencia de crecimiento acelerado de la demanda y a la debilidad estructural del parque termoeléctrico. La falta de diversificación y modernización de la capacidad instalada coloca al país en un escenario de riesgo a mediano plazo si no se implementan políticas energéticas integrales.

### ***3.1.2 Impacto económico***

La crisis energética de 2024 tuvo un impacto económico considerable. Según el Banco Central del Ecuador, los apagones y racionamientos de energía provocaron pérdidas estimadas en 1.916 millones de dólares, lo que representó una disminución del 1,4 % en el Producto Interno Bruto (PIB) del país (El Universo, 2025).

Los sectores industrial y comercial fueron los más afectados por dos razones principales:

- Alta dependencia eléctrica: la industria manufacturera y procesadora requiere un suministro continuo para operar maquinaria, cadenas de frío y procesos de producción. Los cortes forzaron paradas abruptas y desperdicio de materia prima.
- Elevados costos indirectos: el comercio sufrió pérdidas por interrupción en sistemas de facturación, almacenamiento refrigerado, transporte y reducción de la actividad en centros urbanos.

En octubre de 2024, los apagones aplicados a la industria alcanzaron hasta 10 horas diarias, lo que se tradujo en pérdidas cercanas a 12 millones de dólares por cada hora de corte

eléctrico (El País, 2024). Estas pérdidas fueron significativas, considerando que la industria representa cerca del 25 % del PIB y el comercio alrededor del 11 %.

En términos laborales, las interrupciones energéticas ocasionaron reducciones de jornada, suspensiones temporales y despidos en sectores manufactureros y de servicios, especialmente en pequeñas y medianas empresas que no contaban con capacidad financiera para sostener autogeneración o asumir pérdidas de producción.

#### **Figura 4**

##### *Impacto económico de la crisis energética*

###### **Impacto económico de la crisis energética**

###### **en Ecuador (2024)**



El impacto también se reflejó en la pérdida de productividad y empleo. Según Hugo Avecillas (2025), “los apagones no solo aumentan los costos, también reducen productividad y generan pérdida de empleo, especialmente en las pymes”.

Por su parte, Pablo Soriano (2025) explicó que “muchas empresas pequeñas no tienen capacidad de adquirir generadores propios, por lo que las interrupciones les afectan de forma desproporcionada”.

En conclusión, la crisis impactó a toda la economía, pero los sectores industrial y comercial fueron los principales perjudicados debido a su alta dependencia de un suministro eléctrico continuo y a su peso dentro del PIB nacional. Este impacto se reflejó no solo en una contracción del 1,4 % del PIB, sino también en afectaciones al empleo y a los ingresos de los hogares.

### **3.1.3 Contexto legal y regulatorio de la eficiencia energética en Ecuador**

La (Constitución de la República del Ecuador, 2008) establece en su artículo 15 que el Estado promoverá el uso de energías renovables, limpias y alternativas, priorizando la eficiencia energética y la soberanía nacional en el acceso a la energía.

En concordancia, la Ley Orgánica de Eficiencia Energética (LOEE), promulgada en 2019, constituye la base normativa que orienta el uso eficiente, racional y sostenible de la energía en todas sus formas (Asamblea Nacional del Ecuador, 2019). Sus objetivos son: incrementar la seguridad energética, mejorar la productividad, fomentar la competitividad de la economía nacional, construir una cultura de sostenibilidad ambiental y eficiencia, contribuir a la mitigación del cambio climático y garantizar los derechos de la ciudadanía a un ambiente sano y a información adecuada para la toma de decisiones. La LOEE también declara de interés nacional y como política de Estado el uso eficiente y racional de la energía como elemento esencial en el desarrollo económico y social.

En el plano regulatorio, el Decreto Ejecutivo No. 176, emitido en enero de 2024, establece la obligatoriedad de implementar Sistemas de Gestión de Energía (SGEn) bajo la normativa ISO 50001:2018 para las empresas catalogadas como “Grandes Consumidores de Energía”, es decir, aquellas con un consumo superior a 500.000 kWh anuales. Esta disposición entró en vigor el 30 de enero de 2025 y actualmente es de cumplimiento obligatorio para el sector industrial y de servicios de gran escala (Implementación obligatoria de Sistemas de Gestión de Energía ISO 50001, 2024)

El diagnóstico normativo también evidencia el rol de instituciones como la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables (ARCONEL) y el Ministerio de Energía y Minas, que han emitido lineamientos técnicos para operacionalizar la LOEE y el Decreto 176. De forma complementaria, el Instituto Ecuatoriano de Normalización

(INEN) participa en la homologación de normas técnicas y guías de certificación, reforzando la articulación con estándares internacionales como la ISO 50001:2018.

Sin embargo, el diagnóstico normativo también evidencia desafíos para su aplicación práctica. Según Pablo Soriano, consultor en eficiencia energética, “las empresas no cuentan con incentivos suficientes ni acompañamiento técnico para implementar ISO 50001, lo que puede dificultar su cumplimiento en el corto plazo” (Soriano, 2025).

De manera complementaria, Hugo Avecillas, auditor líder en ISO 50001:2018, enfatizó que “la obligatoriedad es positiva, pero requiere verificación real y profesionales especializados para que no quede en un formalismo documental” (Avecillas, 2025).

Este marco regulatorio se encuentra alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en particular el ODS 7 (Energía asequible y no contaminante) y el ODS 13 (Acción por el clima), así como con los compromisos asumidos por Ecuador en el Acuerdo de París. Esto confirma que la normativa nacional responde a un marco más amplio de sostenibilidad global.

Finalmente, la LOEE contempla incentivos económicos y tributarios para proyectos que mejoren la eficiencia energética, mientras que el incumplimiento del Decreto 176 puede derivar en sanciones administrativas por parte de las entidades de control. En conjunto, este diagnóstico refleja no solo la existencia de regulaciones, sino también mecanismos de implementación y fiscalización que buscan garantizar su cumplimiento efectivo.

### **3.2 Análisis de la norma ISO 50001:2018 y su aplicabilidad**

La ISO 50001:2018 establece un marco internacional para la mejora continua del desempeño energético en las organizaciones. Su aplicación permite optimizar el uso de recursos, reducir costos operativos y disminuir el impacto ambiental, a través de un enfoque de gestión sistemática.

Entre las cláusulas más relevantes para el modelo propuesto se destacan:

Usos significativos de energía (Cláusula 6.3): exige identificar los procesos, equipos o áreas de mayor consumo energético y priorizar acciones sobre ellos. En la práctica, esta cláusula asegura que los esfuerzos se concentren en los puntos críticos del sistema, como motores, sistemas de climatización o refrigeración industrial. En relación con este punto, Avecillas (2025) subrayó que “la norma es bastante técnica, porque exige identificar usuarios significativos de energía y establecer planes de acción específicos”.

- Línea base energética (Cláusula 6.4): establece un punto de referencia con el cual comparar y evaluar los avances de la organización en su desempeño energético. Soriano (2025) señaló que “sin una línea base clara, es imposible demostrar mejoras y justificar inversiones en eficiencia energética”.
- Toma de conciencia (Cláusula 7.3): esta cláusula promueve una cultura organizacional de eficiencia y compromiso transversal. Según Soriano (2025), “no necesariamente ser más eficiente implica cambiar equipos, muchas veces los cambios de hábito tienen mayor impacto”.
- Comunicación (Cláusula 7.4): su implementación asegura transparencia y coordinación entre las partes interesadas.
- Diseño (Cláusula 8.2): esta cláusula tiene un impacto directo en la reducción de costos, ya que evita inversiones ineficientes y fomenta la sostenibilidad a largo plazo. Como destacó Avecillas (2025), “la cláusula de diseño es clave porque obliga a pensar en eficiencia antes de invertir en equipos o infraestructura, y eso puede reducir hasta un 15 % los costos de implementación”.

**Figura 5**

*Cláusulas de la ISO 50001 aplicables al modelo*



En conjunto, estas cláusulas constituyen los pilares iniciales para la implementación de un Sistema de Gestión de Energía (SGEn) funcional. Las entrevistas confirman que, en el contexto ecuatoriano, un enfoque progresivo —empezando por conciencia, comunicación y usos significativos de energía— permite a las empresas avanzar hacia la certificación ISO 50001:2018, minimizando resistencia interna y maximizando beneficios en costos y sostenibilidad.

### **3.3 Estratificación del consumo eléctrico en el sector industrial**

Según el Balance Nacional de Energía Eléctrica 2023, el sector industrial ecuatoriano representó aproximadamente el 28 % de la demanda total, con consumos concentrados en subsectores como la manufactura, alimentos y materiales de construcción (Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables, 2023). La estratificación de consumo permite identificar patrones y priorizar medidas de eficiencia energética en los procesos de mayor intensidad.

El Plan Nacional de Eficiencia Energética (2019) proyecta que, con la aplicación de tecnologías y prácticas adecuadas, el sector industrial podría reducir su consumo acumulado en

29,9 millones de barriles equivalentes de petróleo (Mbep) para 2035 (Ministerio de Electricidad y Energías Renovables, 2017). Esta unidad equivale a la cantidad de energía contenida en barriles de petróleo y se utiliza como referencia común para comparar distintas fuentes energéticas.

En este contexto, los Usos Significativos de Energía (USE)—como sistemas de refrigeración, compresores y hornos eléctricos— constituyen el punto de partida para focalizar acciones. Como señaló Avecillas (2025), “el problema es que muchas empresas no priorizan el análisis de sus usos significativos de energía y terminan perdiendo oportunidades de ahorro”.

La relevancia del monitoreo también fue destacada en las entrevistas. Soriano (2025) puntualizó que “sin datos, no hay mejora; y sin mejora, la norma se queda en papel”, resaltando la necesidad de sistemas de medición en tiempo real para sostener los ahorros.

En síntesis, la estratificación del consumo eléctrico industrial constituye una herramienta esencial para articular la ISO 50001:2018 con soluciones de energía solar fotovoltaica, permitiendo reducir la dependencia de la red en horas pico y mejorar la previsibilidad de los costos energéticos.

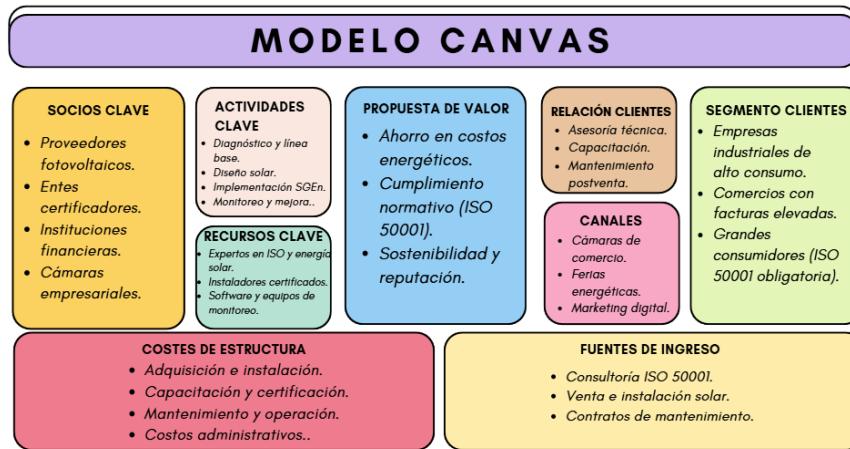
### **3.4 Propuesta del BMC**

Se propone un modelo de negocio híbrido que combina la implementación parcial de la ISO 50001 con la instalación de sistemas solares fotovoltaicos adaptados al perfil de consumo de la empresa.

Este modelo se estructura mediante el *Business Model Canvas* adaptado al contexto energético:

**Figura 6**

*Business Model Canvas propuesto*



**Propuesta de valor:** La propuesta se orienta a la reducción de costos energéticos mediante medidas de eficiencia y el uso de energía solar fotovoltaica. Adicionalmente, para pequeñas y medianas empresas se plantea una implementación progresiva de las cláusulas ISO 50001, lo que les permite avanzar hacia la mayoría de los requisitos sin necesidad de certificarse de manera inmediata.

**Segmentos de clientes:** El modelo se dirige a tres grupos principales:

- Grandes consumidores de energía obligados a certificarse bajo ISO 50001 desde 2025.
- Pymes que deseen aplicar buenas prácticas de eficiencia energética sin necesidad de certificarse aún.
- Comercios y servicios con altos costos en facturas eléctricas.

**Canales:** El servicio se ofrece a través de consultoría directa en las empresas, alianzas con cámaras empresariales y la realización de capacitaciones y talleres que promueven la adopción de buenas prácticas de gestión energética.

Relación con clientes: Se establece una relación de cercanía y acompañamiento continuo, complementada con capacitación práctica al personal y soporte postventa básico para asegurar la continuidad de la gestión energética.

Fuentes de ingreso: Los ingresos provienen de tres vías principales:

- Consultoría en eficiencia energética (ISO 50001 progresiva o completa).
- Venta e instalación de sistemas solares fotovoltaicos.
- Servicios de capacitación empresarial.

Recursos clave: El modelo se sustenta en un equipo de consultores en gestión energética, ingenieros especializados en energía solar y proveedores de equipos solares.

- Actividades clave: Las actividades principales comprenden:
- Diagnóstico energético inicial.
- Implementación gradual de cláusulas ISO 50001.
- Instalación de soluciones solares fotovoltaicas.

Socios clave: Los aliados estratégicos son:

- Proveedores de equipos solares.
- Entes certificadores de ISO 50001 (para los grandes consumidores).
- Cámaras empresariales que apoyan la difusión y participación de las empresas.

Costes de estructura: Los principales costos se asocian con la adquisición e instalación de equipos solares, los servicios de capacitación y consultoría, y los gastos operativos básicos de gestión.

### 3.5 Evaluación económica y financiera del modelo

#### 3.5.1 Consideraciones preliminares del sistema fotovoltaico

Para el año 2025, comenzó a regir un nuevo pliego tarifario que incrementó el costo de la energía eléctrica para el sector industrial, lo que incrementa la necesidad de alternativas de eficiencia y generación propia.

Tenemos las siguientes tarifas:

**Tabla 1**

*Cambios en el pliego tarifario 2025*

Sector	Empresas	Tarifa
<b>Alto Voltaje (AV2) Muy alta tensión</b>	Sector petrolero, minero, acerero	\$0,097 / kWh
<b>Alto Voltaje 1 (AV1) Alta tensión 40 – 138 kV</b>	Cementeras, grandes industrias en Durán	De \$0,0791 / kWh a \$0,1022 / kWh (incremento del 29%)
<b>Medio Voltaje (MV) Media tensión 0,6 – 40 kV</b>	Industrias manufactureras, medianas industrias	De \$0,0927 / kWh a \$0,1164 / kWh (incremento del 29%)
<b>Bajo Voltaje (BV) Baja tensión</b>	Sector residencial y pequeño comercio	Tarifa subsidiada, se mantiene a \$0,04 /kWh

Para la aplicación de este sistema se usará de referencia una empresa industrial perteneciente al grupo de Medio Voltaje, con un consumo aproximado de 40000 kWh/mes, de manera que su tarifa es de \$0,1164 /kWh

Ecuador, por su ubicación cuenta con un promedio de irradiación solar entre 4,5 y 5,5 kWh / m<sup>2</sup> / día, valor que nos permite calcular las Horas Sol Pico (HSP), aporte efectivo que se tiene en un sistema de generación fotovoltaica, a pesar de contar con casi 10 horas de luz natural.

$$Horas Sol Pico = \frac{5 \text{ kWh/m}^2/\text{día}}{1kW/m^2} = 5 \text{ horas de sol pleno al día}$$

Para los cálculos de generación del sistema se considera un Performance Ratio (PR) de 0,8, valor conservador que refleja pérdidas típicas por temperatura, eficiencia de inversores, cableado y suciedad de los paneles.

De esta manera, un sistema de 116 kWp puede producir alrededor de 169.000 kWh/año.

$$E_{Anual} = 116kWp * 5 \frac{h}{día} * 365 \frac{días}{año} * 0,8 \approx 169000 \frac{kWh}{año}$$

$$E_{Mensual} \approx 14113 \frac{kWh}{mes}$$

Esto corresponde al 33% de la demanda energética de la planta de producción.

### 3.5.2 Detalle de costos del sistema fotovoltaico

**Tabla 2**

*Detalle de costos del sistema de paneles solares*

Categoría	Especificación/unidades	Subtotal
<b>Paneles 550 Wp</b>	210 unidades a \$130 c/u	\$27.300,00
<b>Sistema Fotovoltaico</b>	Módulos, inversor y estructuras	\$67.900,00
<b>Sistema de Monitoreo</b>	Control y monitoreo de energía	\$3.500,00
<b>Sistema de almacenamiento</b>	Batería de litio 100kWh	\$18.000,00
<b>Convertidor bidireccional</b>	Batería red 50kW	\$9.000,00
<b>Balance de sistema e integración</b>	Tableros, puesta a tierra	\$5.500,00
<b>Subtotal equipos y materiales</b>		<b>\$131.200,00</b>
<b>Mano de obra e ingeniería (10%)</b>	Instalación, diseño eléctrico, pruebas	\$13.120,00
<b>Trámites, permisos e imprevistos (5%)</b>	Certificaciones, contingencias	\$6.560,00
<b>TOTAL ESTIMADO</b>		<b>\$150.880,00</b>

Integrar baterías de respaldo al sistema es esencial para garantizar continuidad y proteger la productividad industrial frente a cortes eléctricos.

De esta manera, nos queda un costo de instalación por cada kWp de capacidad instalada igual a \$1301.

Cada kWp de potencia instalada ocupa un promedio de 5m<sup>2</sup>, por lo que se requiere un aproximado de 580 m<sup>2</sup> para la instalación del sistema.

### **3.5.3 Ahorro anual**

**Tabla 3**

*Supuestos para cálculo del ahorro anual del sistema fotovoltaico*

<b>Potencia DC del sistema</b>	116 kWp
<b>Horas Sol Pico</b>	5 horas
<b>Performance Ratio o eficiencia promedio</b>	80%
<b>Energía promedio consumida</b>	40000 kWh / mes
<b>Tarifa MV</b>	\$0,1164 /kWh

$$E_{Anual} = 116 \text{ kWp} * 5 \frac{\text{h}}{\text{día}} * 365 \frac{\text{días}}{\text{año}} * 0,8 \approx 169000 \frac{\text{kWh}}{\text{año}}$$

$$A_{Anual} \approx 169000 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} * 0,1164 \frac{\$}{\text{kWh}} \approx \$19713,50 /año$$

El sistema incorpora un banco de almacenamiento de 100 kWh, el cual permite sostener cargas críticas de aproximadamente 50 kW durante 2 horas. Esto garantiza la operación de procesos esenciales como compresores, bombas de producción e iluminación básica, reforzando la resiliencia operativa de la planta ante cortes o fluctuaciones eléctricas, que han sido frecuentes en el contexto ecuatoriano tras la crisis energética de 2024.

La inversión total estimada asciende a \$150880.

$$T_{Recuperación} = \frac{Inversión}{Ahorro anual} = * \frac{\$150880}{\$19713,50} \approx 7,6 \text{ años}$$

Este valor puede optimizarse mediante la aplicación de medidas de gestión energética basadas en la norma ISO 50001:2018, reduciendo consumos en los Usos Significativos de Energía (USE) y accediendo a incentivos financieros asociados a proyectos de eficiencia energética.

### **3.5.4 Implementación de cláusulas de la normativa ISO**

Antes de realizar una inversión significativa, las organizaciones pueden optimizar su consumo mediante la aplicación de la ISO 50001:2018, que ofrece un marco de gestión energética enfocado en reducir los Usos Significativos de Energía (USE) y mejorar la eficiencia.

Algunas de las cláusulas aplicables son:

- 6.3 Revisión energética
- 6.4 Indicadores de desempeño energético
- 6.5 Objetivos, metas y planes de acción
- 8.1 Planificación y control operacional

Su aplicación aporta:

Mejora por gestión ISO 50001 (Identificación de USE e implementación de Sistema de Gestión de energía):  $\approx \$1970 / \text{año}$  (10% del ahorro base).

#### **Beneficios indirectos monetizados:**

Según reportes oficiales (ARCONEL / BEN), la electricidad de la red ecuatoriana evita aprox. 0,28 tCO<sub>2</sub> por MWh sustituido, por tanto,

$$169 \frac{\text{MWh}}{\text{año}} * 0,28 \frac{\text{tCO}_2}{\text{MWh}} = \approx 47 \frac{\text{tCO}_2}{\text{año}}$$

Esto, al precio más bajo de créditos de carbono, \$7/tCO<sub>2</sub> dejaría un beneficio indirecto de alrededor \$330 al año

La capacidad de respaldo, valorada en unos \$295/año (1,5% del ahorro proyectado), corresponde a la energía disponible durante cortes eléctricos, evitando pérdidas y asegurando la continuidad de procesos críticos.

El mantenimiento reducido, estimado en aproximadamente \$50/año, proviene de la aplicación de ISO 50001, que mediante monitoreo y gestión energética disminuye el desgaste de los equipos y optimiza las rutinas de mantenimiento, representando aproximadamente un 0,25% de los ahorros anuales proyectados.

**Ahorro anual efectivo total: ≈ \$22359/año.**

### **3.6 Flujo de efectivo**

La aplicación de la ISO 50001:2018 permite reducir consumos energéticos mediante la eliminación de usos innecesarios, la optimización de horarios de operación, la priorización de los Usos Significativos de Energía y el apoyo de un sistema de gestión energética para detectar desviaciones y sobreconsumos. Gracias a estas acciones, el ahorro anual proyectado se incrementa de \$19.713,50 a aproximadamente \$22.359, lo que mejora el periodo de retorno de la inversión de 7,6 años a cerca de 7 años.

Horizonte: 20 años, corresponde con la vida útil de los paneles solares y permite incluir los reemplazos más importantes.

Tarifa eléctrica: \$0,1164/kWh en 2025 y se proyecta con un aumento anual promedio del 1,5%, tomando en cuenta los ajustes que se han dado históricamente y lo que señalan organismos como ARCONEL y el Plan Maestro de Electricidad sobre el alza en los costos de generación.

Gastos operativos: \$1508,80/año, el 1% de la inversión inicial, destinados a mantenimiento, seguros y monitoreo.

Reposiciones: Año 11 para baterías, año 12 para inversores y año 15 para otros equipos auxiliares, siguiendo la vida útil típica de cada componente y asegurando que el sistema se mantenga funcionando sin problemas a lo largo del tiempo.

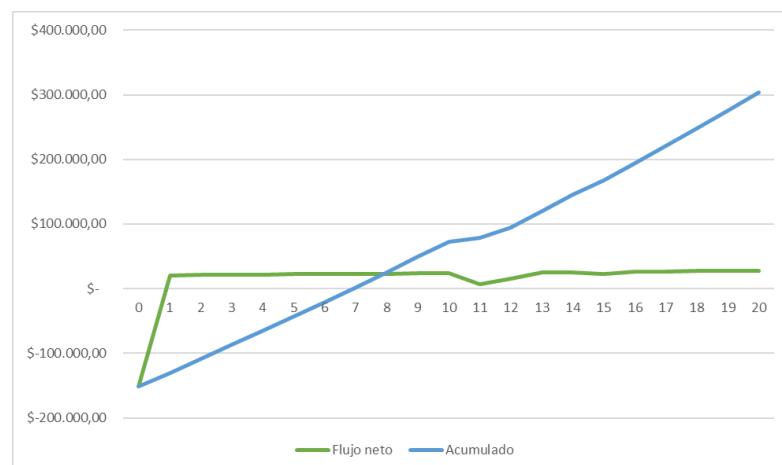
**Tabla 4**

*Flujo de caja proyectado ahorros por consumos energéticos*

Año	Tarifa (/kWh)	Ahorro anual	Gastos operativos	Reposiciónes	Total Gastos	Flujo neto	Acumulado
<b>0</b>	\$0,12	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	-\$150.880,00	<b>-\$150.880,00</b>
<b>1</b>	\$0,12	\$22.359,85	\$1.508,80	\$0,00	\$1.508,80	\$20.851,05	<b>-\$130.028,95</b>
<b>2</b>	\$0,12	\$22.685,13	\$1.508,80	\$0,00	\$1.508,80	\$21.176,33	<b>-\$108.852,62</b>
<b>3</b>	\$0,12	\$23.015,28	\$1.508,80	\$0,00	\$1.508,80	\$21.506,48	<b>-\$87.346,14</b>
<b>4</b>	\$0,12	\$23.350,38	\$1.508,80	\$0,00	\$1.508,80	\$21.841,58	<b>-\$65.504,56</b>
<b>5</b>	\$0,12	\$23.690,51	\$1.508,80	\$0,00	\$1.508,80	\$22.181,71	<b>-\$43.322,84</b>
<b>6</b>	\$0,13	\$24.035,75	\$1.508,80	\$0,00	\$1.508,80	\$22.526,95	<b>-\$20.795,90</b>
<b>7</b>	\$0,13	\$24.386,16	\$1.508,80	\$0,00	\$1.508,80	\$22.877,36	\$2.081,46
<b>8</b>	\$0,13	\$24.741,83	\$1.508,80	\$0,00	\$1.508,80	\$23.233,03	\$25.314,49
<b>9</b>	\$0,13	\$25.102,83	\$1.508,80	\$0,00	\$1.508,80	\$23.594,03	\$48.908,52
<b>10</b>	\$0,13	\$25.469,25	\$1.508,80	\$0,00	\$1.508,80	\$23.960,45	\$72.868,96
<b>11</b>	\$0,14	\$25.841,16	\$1.508,80	\$18.000,00	\$19.508,80	\$6.332,36	\$79.201,32
<b>12</b>	\$0,14	\$26.218,65	\$1.508,80	\$9.000,00	\$10.508,80	\$15.709,85	\$94.911,17
<b>13</b>	\$0,14	\$26.601,81	\$1.508,80	\$0,00	\$1.508,80	\$25.093,01	\$120.004,18
<b>14</b>	\$0,14	\$26.990,71	\$1.508,80	\$0,00	\$1.508,80	\$25.481,91	\$145.486,09
<b>15</b>	\$0,14	\$27.385,44	\$1.508,80	\$3.500,00	\$5.008,80	\$22.376,64	\$167.862,73
<b>16</b>	\$0,15	\$27.786,10	\$1.508,80	\$0,00	\$1.508,80	\$26.277,30	\$194.140,03
<b>17</b>	\$0,15	\$28.192,77	\$1.508,80	\$0,00	\$1.508,80	\$26.683,97	\$220.824,00
<b>18</b>	\$0,15	\$28.605,53	\$1.508,80	\$0,00	\$1.508,80	\$27.096,73	\$247.920,73
<b>19</b>	\$0,15	\$29.024,49	\$1.508,80	\$0,00	\$1.508,80	\$27.515,69	\$275.436,42
<b>20</b>	\$0,15	\$29.449,73	\$1.508,80	\$0,00	\$1.508,80	\$27.940,93	\$303.377,35

**Figura 7**

*Evolución del Flujo neto*



### **3.6.1 Valor Actual Neto**

Nos permite conocer si los ahorros obtenidos por la implementación de este sistema son suficientes para cubrir la inversión inicial y generar valor adicional en el horizonte hoy de 20 años.

$$\sum_{t=0}^N \frac{\text{Flujo}}{(1+r)^t} \approx \$36048,31$$

### **3.6.2 Tasa Interna de Retorno**

Representa la rentabilidad implícita del proyecto, es decir, la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero.

$$TIR \approx 13,26\%$$

### **3.6.3 Tiempo de recuperación**

En el presente proyecto, el tiempo de recuperación simple se alcanza en el año 8, lo que significa que a partir de este punto los ahorros generados por el sistema fotovoltaico cubren completamente la inversión inicial. Sin embargo, al aplicar una tasa de descuento del 10%, el tiempo de recuperación descontado se extiende hasta el año 12, reflejando el impacto del valor del dinero en el tiempo.

Este resultado confirma que, aunque el proyecto requiere un horizonte de mediano plazo para recuperar la inversión, en el largo plazo resulta financieramente viable al continuar generando flujos positivos posteriores al período de recuperación.

### **3.6.4 Retorno sobre la inversión**

$$ROI = \frac{\text{Beneficios netos}}{\text{Inversión inicial}} = \frac{\$303377,35}{\$150880} \approx 101\%$$

En el tiempo proyecto, el sistema devuelve casi el doble de la inversión inicial en beneficios netos.

### 3.6.5 Índice de rentabilidad o relación Costo-Beneficio

$$IR = \frac{VAN + \text{Inversión Inicial}}{\text{Inversión Inicial}} = \frac{\$36048,31 + \$150880}{\$150880} = 1,2389$$

Por cada dólar invertido el proyecto retorna \$1.23 en valor presente.

## **Capítulo 4**

## 4. Conclusiones y recomendaciones

### 4.1 Conclusiones

Tras las fases de diagnóstico, diseño del modelo y evaluación de la viabilidad, se extrajeron varias conclusiones directamente relacionadas con los objetivos iniciales:

- Marco energético y normativo: el estudio confirmó que la red eléctrica ecuatoriana depende en gran medida de la energía hidráulica, lo que la hace especialmente vulnerable en épocas de sequía o en caso de condiciones meteorológicas adversas. A esto se suma un marco normativo cada vez más estricto, en el que la obligación de cumplir con la norma ISO 50001:2018 para los grandes consumidores a partir de 2025 representa tanto un reto como una oportunidad para la industria nacional.
- Obstáculos y motivaciones para las empresas: Se ha observado que muchas empresas siguen enfrentándose a obstáculos técnicos, financieros e incluso culturales que les impiden apostar por las energías renovables. Sin embargo, al mismo tiempo se observa un creciente interés por reducir costos, reforzar la resiliencia de sus operaciones y cumplir con la normativa legal, lo que resalta la importancia del modelo propuesto.
- Recursos necesarios para la implementación: El éxito del modelo depende de varios factores: equipo tecnológico adecuado (paneles solares, sistemas de monitoreo), personal calificado, financiamiento inicial y un marco legal que cumpla con la norma ISO 50001:2018. La integración coordinada de estos elementos es fundamental para la viabilidad del proyecto.
- Viabilidad financiera y operativa: por último, los indicadores financieros analizados (VAN, TIR, periodo de recuperación y relación costo-beneficio)

confirman que el modelo de integración de la energía solar aplicando la norma ISO 50001:2018 es viable en el contexto de las empresas ecuatorianas. Además de su rentabilidad, contribuye a la competitividad y al logro de los objetivos de sostenibilidad del país.

## 4.2 Recomendaciones

Tras completar la investigación y teniendo en cuenta algunos aspectos que no se han podido explorar en profundidad, se proponen las siguientes recomendaciones para futuras investigaciones:

- Aplicación a otros sectores: en este caso solo se trató el tema industrial, se puede aplicar a diferentes tipos de industrias para verificar su utilidad y posibles adaptaciones en diferentes entornos de producción.
- Enfoque en aspectos sociales y organizativos: análisis más detallado de cómo las percepciones, la cultura y el compromiso corporativos influyen en la introducción de energías renovables.
- Profundización en los beneficios medioambientales.
- Evaluación de diferentes escenarios económicos: Tener en cuenta las fluctuaciones de los precios de la energía, los costos y las subvenciones gubernamentales para obtener una visión más completa de la rentabilidad en diferentes condiciones.

## Referencias

Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables. (s. f.).

*Balance Nacional de Energía Eléctrica.* <https://arconel.gob.ec/balance-nacional-de-energia-electrica/>.

Allen, F., Brealey, R., & Stewart Myers. (2014). *Principios de Finanzas Corporativas*

(McGraw-Hill, Ed.; 11.<sup>a</sup> ed.).

AP News. (2024, diciembre 20). *Gobierno de Ecuador suspende los racionamientos de energía eléctrica para los hogares.* <https://apnews.com/world-news/general-news-b41f1fad623340fe72c84aa38337bf84>.

Asamblea Nacional del Ecuador. (2019). *Ley Orgánica de Eficiencia Energética.*

BBC News. (2024, noviembre 15). *Crisis eléctrica en Ecuador: sequías y déficit de generación.* <https://www.bbc.com/mundo/articles/c05z0vr0rneo>.

Cabello Gómez, D., Castro Navarrete, C., Medrano Andrade, J., & Medina Ruiz, D. (2021).

*Simulación de sistemas fotovoltaicos utilizando modelos informáticos de acceso libre*  
*Simulation of photovoltaic systems using freely accessible computer models.*

<https://ihoga.unizar.es/>

Constitución de la República del Ecuador (2008).

Declaratoria de emergencia en el sector eléctrico, Pub. L. No. 226 (2024).

EFE. (2023). El Gobierno de Ecuador anuncia nuevos apagones por la sequía en las centrales hidroeléctricas. <https://efe.com/economia/2023-10-26/el-gobierno-de-ecuador-anuncia-nuevos-apagones-por-sequia-en-las-centrales-hidroelectricas/>.

El Comercio. (2025, agosto 22). *Razones que explican el cambio en la producción eléctrica de Ecuador este 22 de agosto.* <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/razones-explican-cambio-produccion-electrica-ecuador-22-agosto/>.

El País. (2024, octubre 8). *Ecuador apaga durante 10 horas la industria del país.*

<https://elpais.com/america/2024-10-08/ecuador-apaga-durante-10-horas-la-industria-del-pais-ante-la-brutal-crisis-energetica.html>.

El Universo. (2025, abril 15). *Apagones causaron pérdidas por casi \$2000 millones en 2024.*

<https://www.eluniverso.com/noticias/economia/apagones-cortes-de-luz-perdidas-2000-millones-en-2024-ecuador-nota/>.

Elkington, J. (1997). *Triple Bottom Line.*

Estado de excepción por crisis energética, Pub. L. No. 227 (2024).

Forbes EC. (2024, septiembre 23). *CEE: «Cada corte de energía de ocho horas genera pérdidas aproximadas de US\$ 96 millones».* <https://www.forbes.com.ec/today/cee-cada-corte-energia-ocho-horas-genera-perdidas-aproximadas-us-96-millones-n59863>.

Gallardo, C., & Sanunga, D. (2019). *Estudio de factibilidad para la creación de una empresa que comercializa productos de generación de energía renovable en la ciudad de Guayaquil.* ESPOL.

Gitman, L., & Zutter, C. (2012). *Principios de Administración Financiera* (Pearson Educación, Ed.; 12.<sup>a</sup> ed.).

Implementación obligatoria de Sistemas de Gestión de Energía ISO 50001, Pub. L. No. 176 (2024).

International Energy Agency. (2021). *Energy efficiency progress recovers in 2021 but needs to double for net zero by 2050.* <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-efficiency-indicators-data-explorer>

IRENA. (2025, junio). *Renewable Power Generation Costs in 2024.*

<https://www.irena.org/Publications/2025/Jun/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2024>.

ISO. (2018). *Energy management systems — Requirements with guidance for use.*

<https://www.iso.org/standard/69426.html>.

López, W. (2019). *Diseño de un Sistema de Energía Solar Fotovoltaica para la Empresa Pública Metropolitana de Transporte de Pasajeros de Quito*. EPN.

Ministerio de Electricidad y Energías Renovables. (2017, junio 2). *Plan Nacional de Eficiencia Energética*. <https://www.ariae.org/servicio-documental/plan-nacional-de-eficiencia-energetica-2016-2035>.

Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables. (2023). *Balance Energético Nacional*.

ONU. (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenibles*.

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>.

Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2010). *Generación de Modelos de Negocios* (Inc. John Wiley & Sons, Ed.).

Pindyck, R., & Rubinfeld, D. (2013). *Microeconomía* (Pearson Educación, Ed.; 8.<sup>a</sup> ed.).

Primicias. (2025, mayo 12). *Demanda eléctrica alcanza pico histórico, ¿está Ecuador preparado para evitar cortes de luz a partir de septiembre?* .

<https://www.primicias.ec/economia/demanda-electrica-alcanza-pico-historico-ecuador-preparado-evitar-cortes-luz-partir-septiembre-95888/>.

Quaschning, V. (2016). *Understanding Renewable Energy Systems* (Routledge, Ed.; 2.<sup>a</sup> ed.).

REN21. (2023). *Renewables in Energy Demand: Global Trends*. [https://www.ren21.net/gsr-2023/modules/energy\\_demand](https://www.ren21.net/gsr-2023/modules/energy_demand).

Ross, S., Westerfield, R., & Jordan, B. (2023). *Fundamentos de Finanzas Corporativas* (McGraw-Hill, Ed.; 13.<sup>a</sup> ed.).

Secretaría Nacional de Planificación. (2024, abril 29). *Plan de Desarrollo para el Nuevo Ecuador 2024-2025*. <https://www.planificacion.gob.ec/plan-de-desarrollo-para-el-nuevo-ecuador-2024-2025/>.

U.S. Department of Energy. (s. f.). *Solar Energy*. <https://www.energy.gov/topics/solar-energy>.

World Bank. (2021). FROM SUN TO ROOF TO GRID. *TECHNICAL REPORT 017/21.*

## **Apéndice A**