



Instituto Superior Tecnológico
de Formación Profesional
Administrativa y Comercial

AVANCES

DE INVESTIGACIÓN 2026/Nro. 3

POSGRADO

COMPILADORES

PHD. ALEJANDRO LEMA CACHINELL
MBA. LISSETTE VACACELA CONFORME



ISBN: 978-9942-673-55-8



9 789942 673558



AVANCES

DE INVESTIGACIÓN 2026/Nro. 3

POSGRADO



0963688761001
ACVENISPROH®

ediciones

Guayaquil-2026

AVANCES

DE INVESTIGACIÓN 2026/Nro. 3

POSGRADO

COMPILADORES

PHD. ALEJANDRO LEMA CACHINELL
MBA. LISSETTE VACACELA CONFORME



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

Ver: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

ISBN: 978-9942-673-55-8 (Electrónico)

Nro. 1. Primera Edición

Guayaquil, República del Ecuador; 2026

Compiladores:

PhD. Alejandro Lema Cachinell

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6402-9342>

MBA. Lissette Vacacela Conforme

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0552-8483>

Afiliación: Instituto Superior Tecnológico de Formación Profesional Administrativa y Comercial

Autores(as):

Marcela Gálvez Menéndez

Cristian Roosevelt Sáenz de Viteri Anzules

Carlos Santillán

Jaime Vinicio Gualli Zoria

Joseline Pamela Peralta Molina

Wellington Leonel Bazarro Mendoza



Instituto Superior Tecnológico
de Formación Profesional
Administrativa y Comercial

**Publicación del Instituto Superior Tecnológico de Formación Profesional Administrativa y Comercial
con condición universitario -UF-**

Tungurahua 705 entre Velez y Luque; Guayaquil, República del Ecuador

Teléfonos: 04- 3 709910, Ext: 9130 – 9131 – 9132

e-mail: admisiones.uf@formacion.edu.ec

Sitio web: <https://formacion.edu.ec/uf/>

Comité de Arbitraje Externo:



https://www.admin.redgia.org/grupos_de_investigacion



<https://www.acvec.net/site/>

Coordinación Técnica editorial: Celia Cruz Betancourt Fajardo / Corrección de estilo: Ana Riera / Impresión digital y puesta en línea: Samuel Zambrano Rondón

El texto original de los reportes consignados para su aparición en esta publicación fue sometido a un proceso de revisión por el Comité organizador de CICO y de acuerdo con la normativa que rige el proceso de evaluación para producción de literatura científica en REDIIGEC, con circunscripción en la República del Ecuador.

Esta es una publicación de acceso abierto, según criterios UNESCO, de acuerdo con lo expresado por Swan* (2013) "Que la literatura revisada por pares sea accesible sin suscripción o barreras de precios" (p.36). Todas las opiniones y/o reflexiones contenidas en este libro son de responsabilidad absoluta de los autores y no representan necesariamente el criterio editorial. Documento para consideración de la comunidad científica, abierto a revisiones posteriores a su publicación; argumentadas desde el discurso científico. E-mail: acvenisproh@gmail.com

*Swan, A. (2013) Directrices para políticas de desarrollo y promoción del acceso abierto. [Documento en línea] Serie UNESCO de Directrices Abiertas. UNESCO. p.36. Disponible: http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/CI/CI/pdf/publications/policy_guidelines_0a_sp_reduced.pdf.

ÍNDICE GENERAL

Contenido

PRESENTACIÓN	1
CAPÍTULO 1. Análisis del déficit tarifario del servicio público de energía eléctrica en el Ecuador y su impacto tras la reforma de junio de 2025 mediante inteligencia de negocios. Actualización tarifaria 2025	3
1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.....	6
2.1 Economía del sector eléctrico y formación de tarifas	6
2.2 Déficit tarifario y sostenibilidad del sistema eléctrico	7
2.3 Inteligencia de negocios y toma de decisiones en el sector público.....	7
2.4 Analítica avanzada, simulación y aprendizaje automático.....	8
2.5 Reformas eléctricas en América Latina: un análisis comparado.....	8
2.6 Gobernanza basada en datos y políticas públicas inteligentes.....	9
3. METODOLOGÍA	9
3.1 Enfoque de la investigación	9
3.2 Tipo y diseño de investigación	10
3.3 Unidad de análisis y alcance del estudio	10
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	10
3.6 Herramientas de análisis y soporte tecnológico	12
3.7 Consideraciones de validez y rigor científico	12
3.8 Limitaciones metodológicas	13
4. RESULTADOS Y DIAGNÓSTICO DEL PROCESO ACTUAL (AS-IS)	13
4.1 Caracterización del déficit tarifario	13
4.2 Análisis de la estructura de costos y tarifas.....	13
4.3 Diagnóstico del proceso de gestión tarifaria	14
4.4 Identificación de puntos críticos (pain points)	15
4.5 Evaluación de indicadores clave (KPIs actuales).....	15
4.6 Impacto de la reforma tarifaria de 2025	15
4.7 Síntesis interpretativa de los resultados.....	16
5. PROPUESTA DE REDISEÑO E INNOVACIÓN BASADA EN INTELIGENCIA DE NEGOCIOS (TO-BE).....	16
5.1 Principios estratégicos del modelo propuesto	16
5.2 Arquitectura conceptual del sistema BI.....	17
5.2.1. Componentes principales	17
5.3 Modelo analítico para simulación tarifaria	18
5.4 Rediseño del proceso de gestión tarifaria (TO-BE)	19
5.5 Diseño conceptual del dashboard estratégico	19
5.5.1. Indicadores propuestos	19
5.5.2. Características del dashboard	20
5.6 Beneficios esperados del modelo	20
5.7 Síntesis del aporte científico.....	20
6. EVALUACIÓN DEL IMPACTO Y DISCUSIÓN.....	20
6.1 Evaluación del impacto del modelo propuesto.....	21
6.1.1 Impacto financiero	21
6.1.2 Impacto operativo	21
6.1.3 Impacto en la toma de decisiones	21

6.1.4 Impacto social	21
6.1.5 Impacto en la transparencia y gobernanza	22
6.2 Discusión	22
7. CONCLUSIONES	23
CAPÍTULO 2: ANÁLISIS Y PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN	26
PARA EL PROCESO DE FUMIGACIÓN EN LA INDUSTRIA BANANERA, MEDIANTE UN SISTEMA INTEGRADO DE IOT Y BUSINESS INTELLIGENCE.....	26
1. INTRODUCCIÓN.....	26
2. MARCO TEÓRICO.....	29
2.1. Transformación digital y agricultura 4.0: un cambio paradigmático en los sistemas agropecuivos	29
2.2. Gestión de procesos de negocio (BPM) como base para la optimización organizacional.....	30
2.3. Internet de las Cosas (IoT) en la agricultura de precisión	30
2.4. Business Intelligence (BI) y la toma de decisiones basada en datos	31
2.5. Trazabilidad, sostenibilidad y competitividad en la agroindustria	31
3. METODOLOGÍA	32
3.1. Enfoque epistemológico y diseño de investigación.....	32
3.2. Tipo y alcance de la investigación	33
3.3. Unidad de análisis y contexto del estudio.....	33
3.4. Fases de la investigación	34
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	35
3.6. Estrategia de análisis de datos.....	35
3.7. Consideraciones de validez, confiabilidad y rigor científico	36
4. DIAGNÓSTICO DEL PROCESO ACTUAL (AS-IS).....	36
4.1. Caracterización sistémica del proceso de fumigación postcosecha	36
4.2. Análisis del flujo de proceso: de la secuencialidad operativa a la ineficiencia sistémica	37
4.3. Identificación de ineficiencias críticas: análisis de los “puntos de dolor”	37
4.3.1. Uso ineficiente de fungicidas: variabilidad y desperdicio operativo	37
4.3.2. Ausencia de trazabilidad: limitaciones en la gestión de calidad	38
4.3.3. Cuellos de botella y demoras en la cadena de empaque	38
4.4. Impacto de las ineficiencias en la competitividad del sistema productivo.....	39
4.5. Síntesis diagnóstica: hacia la necesidad de un rediseño estructural.....	39
5. PROPUESTA DEL MODELO OPTIMIZADO (TO-BE).....	39
5.1. Fundamentación del rediseño: de procesos reactivos a sistemas inteligentes	39
5.2. Arquitectura conceptual del sistema IoT-BI	40
5.2.1. Capa de captura de datos (sensores IoT)	40
5.2.2. Capa de comunicación y transmisión de datos.....	40
5.2.3. Capa de almacenamiento y procesamiento de datos	41
5.2.4. Capa de visualización y toma de decisiones (Business Intelligence)	41
5.3. Rediseño del proceso de fumigación (TO-BE)	41
5.3.1. Principales transformaciones del proceso:	41
5.4. Definición de variables críticas y KPIs	42
5.5. Impacto esperado del modelo TO-BE	42
5.5.1. Impacto operativo	42
5.5.2. Impacto económico	42
5.5.3. Impacto ambiental y sostenible.....	42
5.6. Modelo conceptual replicable para la agroindustria.....	43
5.7. Síntesis del modelo TO-BE	43

6. DISCUSIÓN.....	43
7. CONCLUSIONES	46
CAPÍTULO 3: DIGITALIZACIÓN Y VISUALIZACIÓN INTELIGENTE DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO (SST) EN LA EMPRESA ECUABULK S.A.	
1. INTRODUCCIÓN.....	49
2. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE	51
2.1. Gestión de procesos organizacionales (Business Process Management – BPM) ...	51
2.2. Seguridad y salud en el trabajo y el enfoque basado en ISO 45001.....	52
2.3. Inteligencia de negocios (Business Intelligence) aplicada a la gestión organizacional.....	53
2.4. Transformación digital organizacional y toma de decisiones basada en datos	54
3. METODOLOGÍA	55
4. DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA ACTUAL (AS-IS): ANÁLISIS CRÍTICO E INTERPRETATIVO	58
5. MODELO PROPUESTO DE REDISEÑO E INNOVACIÓN (TO-BE): UN ENFOQUE BASADO EN INTELIGENCIA DE NEGOCIOS	60
5.1. Visión estratégica del modelo TO-BE.....	61
5.2. Arquitectura del sistema propuesto	61
5.3. Rediseño de procesos desde la perspectiva BPM.....	62
5.4. Sistema de indicadores proactivos y toma de decisiones	63
5.5. Impacto organizacional del modelo TO-BE.....	63
6. DISCUSIÓN.....	64
7. CONCLUSIONES	66
REFERENCIAS.....	69
RESOLUCIÓN DE ARBITRAJE	76

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Relación entre costos reales y tarifas (análisis conceptual).....</i>	<i>14</i>
<i>Tabla 2. Principales ineficiencias del sistema.....</i>	<i>15</i>
<i>Tabla 3. Comparación AS-IS vs TO-BE</i>	<i>19</i>
<i>Tabla 4. Beneficios del sistema TO-BE.....</i>	<i>20</i>
<i>Tabla 5. Propuesta de Modelo</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 6. Ejemplo de indicadores proactivos en el modelo TO-BE</i>	<i>63</i>

PRESENTACIÓN

La presente obra académica se inscribe en el ámbito de la transformación digital aplicada a la gestión organizacional, integrando enfoques de inteligencia de negocios, Internet de las Cosas (IoT) y analítica avanzada para el abordaje de problemáticas críticas en sectores estratégicos del Ecuador.

En un contexto caracterizado por la creciente digitalización de los procesos productivos y la necesidad de optimizar la toma de decisiones, este libro ofrece una mirada innovadora sobre la convergencia entre tecnología, gestión y sostenibilidad.

El contenido de la obra se estructura en tres capítulos que, desde diferentes perspectivas, abordan desafíos actuales en los sectores energético, agroindustrial y empresarial, destacando el papel de las herramientas digitales como facilitadoras de la eficiencia, la transparencia y la competitividad.

El primer capítulo, titulado “Análisis del déficit tarifario del servicio público de energía eléctrica en el Ecuador y su impacto tras la reforma de junio de 2025 mediante inteligencia de negocios. Actualización tarifaria 2025”, presenta un estudio exhaustivo sobre la problemática del déficit tarifario en el sistema eléctrico ecuatoriano.

A través del uso de herramientas de inteligencia de negocios, se analizan los efectos de la reforma tarifaria reciente, permitiendo comprender su impacto económico y social. Este capítulo aporta una visión estratégica orientada a la toma de decisiones basada en datos, resaltando la importancia de la transparencia y la eficiencia en la gestión de los servicios públicos.

Por su parte, el segundo capítulo, “Análisis y propuesta de optimización para el proceso de fumigación en la industria bananera mediante un sistema integrado de IoT y Business Intelligence”, aborda la aplicación de tecnologías emergentes en el sector agroindustrial.

A partir de la integración de sensores, sistemas de monitoreo y plataformas de análisis de datos, se propone un modelo innovador que permite optimizar los procesos de fumigación, mejorar la eficiencia operativa y reducir impactos ambientales.

Este enfoque evidencia cómo la digitalización puede transformar procesos tradicionales, generando valor agregado y fortaleciendo la competitividad del sector bananero.

El tercer capítulo, “Digitalización y visualización inteligente del sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo (SST) en la empresa Ecuabulk S.A.”, se centra en la modernización de los sistemas de gestión organizacional mediante el uso de herramientas digitales.

Este estudio destaca la importancia de la visualización de datos y la analítica en tiempo real para la gestión de la seguridad laboral, facilitando la identificación de riesgos, el seguimiento de indicadores y la implementación de acciones preventivas.

La propuesta presentada refuerza la necesidad de integrar la tecnología en los sistemas de gestión para mejorar la toma de decisiones y fortalecer la cultura de prevención.

En conjunto, los capítulos que integran esta obra reflejan un enfoque multidisciplinario en el que convergen la ingeniería, la gestión empresarial y la transformación digital.

La articulación de estos elementos permite abordar los desafíos actuales desde una perspectiva innovadora, orientada a la eficiencia operativa, la sostenibilidad y la mejora continua.

Esta publicación está dirigida a estudiantes, docentes, investigadores y profesionales de áreas como la ingeniería, la administración, la analítica de datos y la seguridad industrial, así como a tomadores de decisiones interesados en la implementación de soluciones tecnológicas en contextos reales.

Su contenido no solo aporta fundamentos teóricos, sino que también ofrece propuestas aplicadas que pueden ser replicadas en diversos entornos productivos.

Finalmente, este libro se posiciona como una contribución relevante al proceso de transformación digital en el Ecuador, evidenciando cómo el uso estratégico de la información y la tecnología puede generar soluciones innovadoras a problemáticas estructurales.

A través de sus páginas, se invita a repensar los modelos tradicionales de gestión y avanzar hacia sistemas más inteligentes, integrados y orientados al futuro.

Ing. Yisel Martín
Dirección de Investigación
Instituto Superior Tecnológico de Formación Profesional Administrativa y Comercial,
con condición universitario. (UF)

CAPÍTULO 1. Análisis del déficit tarifario del servicio público de energía eléctrica en el ecuador y su impacto tras la reforma de junio de 2025 mediante inteligencia de negocios. Actualización tarifaria 2025

*Marcela Galvez Menendez
Cristian Roosevelt Anzules Sáenz de Viteri*



1. INTRODUCCIÓN

El sector energético constituye uno de los pilares estructurales para el desarrollo económico, social y productivo de los países, particularmente en economías emergentes donde el acceso a servicios básicos como la electricidad se vincula directamente con la reducción de la pobreza, la competitividad industrial y la sostenibilidad del crecimiento (World Bank, 2023).

En este contexto, el diseño de políticas tarifarias eficientes en los sistemas eléctricos representa un desafío complejo que implica equilibrar objetivos económicos, sociales y políticos, especialmente en escenarios donde históricamente han prevalecido esquemas de subsidios generalizados.

En América Latina, la configuración de los mercados eléctricos ha estado marcada por profundas tensiones entre la sostenibilidad financiera del sistema y la necesidad de garantizar el acceso universal a la energía.

Diversos estudios han evidenciado que los subsidios energéticos, si bien cumplen una función redistributiva en el corto plazo, generan distorsiones en los precios relativos, incentivan el consumo ineficiente y producen cargas fiscales significativas que comprometen la inversión en infraestructura y la calidad del servicio (Inter-American Development Bank [IDB], 2019; Coady et al., 2015).

En este sentido, el déficit tarifario emerge como una manifestación estructural de estas distorsiones, reflejando la brecha entre los costos reales del servicio eléctrico y las tarifas efectivamente cobradas a los usuarios.

El caso ecuatoriano se inserta dentro de esta problemática regional, presentando características particulares asociadas a su modelo de gestión estatal y a la histórica dependencia de subsidios como instrumento de política pública.

De acuerdo con estimaciones oficiales, el sistema eléctrico ecuatoriano enfrenta un déficit tarifario que supera los 600 millones de dólares, resultado de una estructura tarifaria que no refleja plenamente los costos de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica.

Este desbalance no solo representa una presión fiscal considerable, sino que también limita la capacidad del Estado para invertir en modernización tecnológica, expansión de la cobertura y transición hacia fuentes de energía más sostenibles.

La reciente reforma tarifaria implementada en junio de 2025 constituye un punto de inflexión en la política energética del país, al buscar una aproximación progresiva hacia tarifas más alineadas con los costos reales del sistema.

Sin embargo, como ocurre en múltiples experiencias internacionales, las reformas tarifarias enfrentan importantes desafíos relacionados con su diseño, implementación y evaluación.

En particular, la ausencia de herramientas analíticas avanzadas limita la capacidad de los tomadores de decisiones para anticipar los efectos económicos y sociales de los ajustes tarifarios, así como para comunicar de manera transparente sus implicaciones a la ciudadanía.

En este escenario, la incorporación de enfoques basados en datos y tecnologías de inteligencia de negocios (Business Intelligence, BI) se posiciona como una alternativa estratégica para fortalecer la gobernanza del sector eléctrico.

La literatura reciente destaca que la analítica de datos permite transformar grandes volúmenes de información en conocimiento accionable, facilitando la toma de decisiones informadas, la simulación de escenarios y la evaluación de políticas públicas en tiempo real (Rogger & Schuster, 2023; Farooq & Kim, 2023).

En el ámbito energético, estas herramientas han demostrado su utilidad para optimizar la planificación de la demanda, mejorar la eficiencia operativa y diseñar esquemas tarifarios más equitativos y sostenibles (World Bank, 2024).

No obstante, en el contexto ecuatoriano, la aplicación de inteligencia de negocios en la gestión tarifaria aún se encuentra en una etapa incipiente, caracterizada por enfoques predominantemente descriptivos y una limitada integración de fuentes de datos.

Tal como se evidencia en el diagnóstico del proceso actual, los ciclos de toma de decisiones pueden superar los ocho meses y carecen de capacidades para simular escenarios en tiempo real. Esta situación refleja una brecha significativa entre las capacidades analíticas disponibles y las necesidades de gestión de un sistema eléctrico cada vez más complejo y dinámico.

Desde una perspectiva comparada, la experiencia internacional ofrece lecciones relevantes sobre el papel de la analítica de datos en la sostenibilidad del sector eléctrico. Países como Chile han logrado consolidar modelos regulatorios basados en criterios técnicos y transparencia de información, apoyados en plataformas de datos abiertos que permiten una supervisión constante del mercado y una toma de decisiones fundamentada en evidencia (Serra, 2022).

En contraste, casos como el argentino evidencian cómo la ausencia de políticas tarifarias alineadas con los costos reales puede derivar en crisis fiscales profundas, requiriendo posteriormente la implementación de sistemas complejos de segmentación basados en datos para mitigar sus efectos (Giuliano et al., 2020).

En este marco, el presente capítulo tiene como objetivo analizar el déficit tarifario del servicio público de energía eléctrica en el Ecuador a partir de la reforma de junio de 2025, proponiendo un modelo analítico basado en inteligencia de negocios que permita evaluar su impacto y generar insumos para la toma de decisiones estratégicas.

A diferencia de enfoques tradicionales, este estudio incorpora una perspectiva integradora que combina el análisis económico, la gestión por procesos y la analítica de datos, con el fin de contribuir al desarrollo de un modelo de gobernanza energética más transparente, eficiente y orientado a resultados.

Asimismo, este trabajo busca aportar a la literatura académica en dos dimensiones principales. En primer lugar, desde el punto de vista teórico, se propone una articulación entre los conceptos de déficit tarifario, políticas públicas y business intelligence, un campo aún poco explorado en contextos latinoamericanos.

En segundo lugar, desde una perspectiva aplicada, se desarrolla una propuesta de arquitectura analítica que incluye el diseño conceptual de un sistema de monitoreo basado en indicadores clave de desempeño (KPIs) y dashboards interactivos, orientados tanto a los tomadores de decisiones como a la ciudadanía.

Finalmente, la relevancia de este estudio radica en su potencial para contribuir a la transformación del modelo de gestión del sector eléctrico ecuatoriano, transitando desde un enfoque reactivo y opaco hacia uno proactivo, transparente y basado en evidencia.

En un contexto global donde la digitalización y la analítica de datos redefinen la formulación de políticas públicas, la adopción de estas herramientas no solo representa una oportunidad tecnológica, sino una necesidad estratégica para garantizar la sostenibilidad energética y fiscal del país.

2. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

El análisis del déficit tarifario en el sector eléctrico requiere un abordaje multidisciplinario que articule elementos de economía energética, políticas públicas, gestión organizacional y analítica de datos.

En este capítulo se construye un marco teórico robusto que permite comprender la complejidad del fenómeno, integrando enfoques clásicos y contemporáneos para sustentar la propuesta basada en inteligencia de negocios.

2.1 Economía del sector eléctrico y formación de tarifas

El sector eléctrico presenta características estructurales que lo diferencian de otros mercados, tales como la presencia de monopolios naturales en las redes de transmisión y distribución, altos costos fijos, economías de escala y la imposibilidad de almacenamiento eficiente de la energía en grandes volúmenes (Joskow, 2007).

Estas particularidades justifican la intervención del Estado en la regulación de tarifas, con el objetivo de garantizar eficiencia económica, equidad social y sostenibilidad financiera.

Desde la teoría económica, la fijación de tarifas eléctricas se fundamenta en el principio de recuperación de costos eficientes, donde los precios deben reflejar los costos marginales de producción y los costos totales del sistema en el largo plazo (Stoft, 2002). Sin embargo, en la práctica, los gobiernos suelen introducir subsidios para proteger a los consumidores vulnerables, lo que genera desviaciones respecto al equilibrio económico.

En América Latina, estas desviaciones han sido particularmente pronunciadas. Según el Banco Interamericano de Desarrollo (2019), los subsidios energéticos en la región han representado un porcentaje significativo del gasto público, afectando la sostenibilidad fiscal y distorsionando los incentivos para la inversión privada.

Asimismo, el Fondo Monetario Internacional ha señalado que los subsidios generalizados tienden a beneficiar desproporcionadamente a los sectores de mayores ingresos, reduciendo su efectividad redistributiva (Coady et al., 2015).

En este contexto, el déficit tarifario se configura como una consecuencia directa de la desconexión entre costos reales y precios regulados. Este fenómeno no solo impacta las finanzas públicas, sino que también compromete la calidad del servicio y la seguridad energética, al limitar la capacidad de inversión en infraestructura (Pollitt, 2004).

2.2 Déficit tarifario y sostenibilidad del sistema eléctrico

El déficit tarifario puede definirse como la diferencia entre los ingresos obtenidos por las empresas eléctricas a través de las tarifas y los costos reales de provisión del servicio. Este desequilibrio puede ser financiado mediante transferencias del Estado, endeudamiento o acumulación de pasivos, generando riesgos macroeconómicos y sectoriales (Dussan, 2018).

Diversos estudios han demostrado que la persistencia de déficits tarifarios conduce a un círculo vicioso caracterizado por deterioro de la infraestructura, reducción de la calidad del servicio y aumento de la dependencia de subsidios (World Bank, 2023).

En este sentido, la sostenibilidad del sistema eléctrico depende de la capacidad de diseñar esquemas tarifarios que equilibren eficiencia económica y protección social.

El caso ecuatoriano evidencia esta problemática de manera clara, con un déficit tarifario superior a los 600 millones de dólares, producto de una estructura tarifaria históricamente subsidiada.

Este escenario refleja la necesidad de implementar reformas que permitan una transición hacia un modelo más sostenible, sin generar impactos sociales desproporcionados.

Desde una perspectiva de política pública, la corrección del déficit tarifario requiere no solo ajustes en los precios, sino también mejoras en la eficiencia operativa, reducción de pérdidas técnicas y no técnicas, y focalización de subsidios (BID, 2019).

No obstante, la complejidad de estas decisiones demanda herramientas analíticas que permitan evaluar múltiples escenarios y sus implicaciones.

2.3 Inteligencia de negocios y toma de decisiones en el sector público

La inteligencia de negocios (Business Intelligence, BI) se define como el conjunto de metodologías, procesos y tecnologías que permiten transformar datos en información útil para la toma de decisiones (Sharda et al., 2018).

En el ámbito del sector público, el BI se ha consolidado como un instrumento clave para mejorar la eficiencia, transparencia y rendición de cuentas (Rogger & Schuster, 2023).

La adopción de enfoques basados en datos (data-driven decision making) implica un cambio paradigmático en la gestión pública, pasando de decisiones fundamentadas en

criterios políticos o intuitivos a decisiones basadas en evidencia empírica (Farooq & Kim, 2023). En el contexto del sector eléctrico, esto resulta especialmente relevante debido a la complejidad de las variables involucradas, incluyendo demanda, costos de generación, condiciones climáticas y comportamiento del consumidor.

Los sistemas de BI permiten integrar información proveniente de múltiples fuentes, estructurarla en repositorios centralizados (data warehouses) y analizarla mediante herramientas de visualización y modelado (Kimball & Ross, 2013).

Esto facilita la identificación de patrones, la evaluación de políticas y la simulación de escenarios futuros.

En el caso ecuatoriano, la aplicación de BI en la gestión tarifaria aún presenta limitaciones significativas, evidenciadas en procesos de toma de decisiones lentos y falta de capacidades de simulación en tiempo real. Esta situación resalta la necesidad de fortalecer las capacidades analíticas del sector.

2.4 Analítica avanzada, simulación y aprendizaje automático

La evolución de la inteligencia de negocios ha dado lugar a la analítica avanzada, que incorpora técnicas de aprendizaje automático (machine learning), modelado predictivo y análisis prescriptivo. Estas herramientas permiten no solo describir lo que ha ocurrido, sino también anticipar escenarios futuros y recomendar acciones óptimas (Provost & Fawcett, 2013).

En el sector energético, la analítica avanzada se utiliza para el pronóstico de la demanda, la optimización de la generación y la gestión de riesgos (IEA, 2022). En el contexto de la política tarifaria, estas técnicas permiten simular el impacto de diferentes estructuras de precios sobre el consumo, la recaudación y el bienestar social.

El uso de modelos de simulación es particularmente relevante para evaluar reformas tarifarias, ya que permite analizar múltiples escenarios y sus efectos en diferentes grupos de consumidores. Esto resulta fundamental para diseñar políticas más equitativas y eficientes, minimizando los riesgos asociados a decisiones incorrectas.

Asimismo, la integración de inteligencia artificial en la gestión energética ha sido promovida por organismos internacionales como el Banco Mundial, que destaca su potencial para mejorar la planificación y la sostenibilidad del sector eléctrico (World Bank, 2024).

2.5 Reformas eléctricas en América Latina: un análisis comparado

El estudio de las reformas eléctricas en América Latina ofrece valiosas lecciones para el diseño de políticas en Ecuador. En este sentido, los casos de Chile y Argentina representan dos enfoques contrastantes.

Chile ha desarrollado un modelo basado en principios de mercado, con tarifas que reflejan los costos reales del sistema y una institucionalidad técnica sólida. La transparencia en la

información y el uso de plataformas de datos abiertos han permitido una gestión eficiente y sostenible del sector (Serra, 2022).

Este enfoque ha facilitado la incorporación de herramientas analíticas como parte integral de la gobernanza.

Por el contrario, Argentina ha experimentado un modelo caracterizado por subsidios generalizados y congelamiento de tarifas, lo que ha generado déficits fiscales significativos y deterioro de la infraestructura energética (Giuliano et al., 2020). La implementación tardía de sistemas de segmentación basados en datos evidencia la necesidad de adoptar enfoques analíticos desde etapas tempranas.

Ecuador se encuentra en una posición intermedia, intentando transitar hacia un modelo más sostenible mediante la reforma tarifaria de 2025. Sin embargo, la falta de herramientas analíticas robustas limita la efectividad de estas reformas, destacando la importancia de incorporar inteligencia de negocios en la gestión del sector.

2.6 Gobernanza basada en datos y políticas públicas inteligentes

La gobernanza basada en datos (data-driven governance) se ha convertido en un enfoque clave para la modernización del sector público. Este paradigma promueve el uso sistemático de datos y analítica para diseñar, implementar y evaluar políticas públicas (OECD, 2019).

En el ámbito energético, la gobernanza basada en datos permite mejorar la transparencia, reducir la incertidumbre y fortalecer la confianza ciudadana. La disponibilidad de información en tiempo real y la capacidad de simular escenarios facilitan la toma de decisiones más informadas y adaptativas.

En el caso del sector eléctrico ecuatoriano, la adopción de este enfoque representa una oportunidad para superar las limitaciones actuales y avanzar hacia un modelo de gestión más eficiente y sostenible.

La implementación de sistemas de inteligencia de negocios y dashboards interactivos puede contribuir significativamente a este proceso, permitiendo una visualización clara de los indicadores clave y una comunicación efectiva con los diferentes actores.

3. METODOLOGÍA

El presente capítulo adopta un enfoque metodológico integral orientado a analizar el déficit tarifario del servicio público de energía eléctrica en el Ecuador y proponer un modelo basado en inteligencia de negocios (BI) para su evaluación y gestión. La complejidad del fenómeno estudiado, que involucra dimensiones económicas, tecnológicas y de política pública, exige un diseño metodológico mixto que combine técnicas cuantitativas y cualitativas, así como herramientas de análisis de datos.

3.1 Enfoque de la investigación

El estudio se desarrolla bajo un enfoque mixto, integrando elementos cuantitativos y cualitativos. Desde la perspectiva cuantitativa, se analizan datos relacionados con costos

de generación, estructuras tarifarias, niveles de consumo y magnitud del déficit, con el objetivo de identificar patrones, tendencias y relaciones entre variables. Desde la dimensión cualitativa, se examinan los procesos de toma de decisiones, las estructuras institucionales y las limitaciones operativas del sistema eléctrico ecuatoriano.

Este enfoque mixto permite una comprensión más completa del problema, superando las limitaciones de los análisis exclusivamente econométricos o descriptivos, y facilitando la construcción de una propuesta aplicada basada en inteligencia de negocios.

3.2 Tipo y diseño de investigación

La investigación se clasifica como:

- Aplicada, debido a que busca resolver un problema concreto del sector eléctrico ecuatoriano mediante el desarrollo de una solución analítica.*
- Descriptiva-explicativa, ya que no solo caracteriza el déficit tarifario, sino que también analiza sus causas estructurales y sus implicaciones económicas.*
- Estudio de caso, centrado en el sistema eléctrico del Ecuador, lo que permite un análisis profundo del contexto específico.*

El diseño metodológico se fundamenta en la lógica de investigación-acción, dado que no se limita a observar el fenómeno, sino que propone una intervención conceptual (modelo BI) orientada a mejorar la toma de decisiones en el sector.

3.3 Unidad de análisis y alcance del estudio

La unidad de análisis está constituida por el sistema tarifario del servicio público de energía eléctrica en el Ecuador, considerando sus componentes principales:

- Costos de generación, transmisión y distribución*
- Estructura tarifaria vigente*
- Segmentos de consumo (residencial, comercial, industrial)*
- Subsidios energéticos*
- Déficit tarifario*

El estudio tiene un alcance temporal transversal con análisis longitudinal complementario, al considerar datos históricos para comprender la evolución del déficit y evaluar el impacto de la reforma tarifaria de junio de 2025.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para el desarrollo de la investigación se emplearon diversas técnicas:

a. Análisis documental

Se realizó una revisión sistemática de:

- *Informes oficiales de ARCONEL*
- *Normativa energética ecuatoriana*
- *Documentos de organismos internacionales (BID, Banco Mundial, CEPAL)*
- *Literatura académica sobre economía energética y BI*

Esta técnica permitió construir el marco teórico y contextualizar el problema.

b. Análisis de datos secundarios

Se utilizaron datos provenientes de:

- *Estadísticas del sector eléctrico*
- *Información tarifaria*
- *Costos de generación*
- *Indicadores de consumo*

Estos datos fueron analizados para identificar la magnitud del déficit y sus determinantes.

c. Modelado de procesos (BPM)

Se empleó la metodología de Business Process Management (BPM) para:

- *Describir el proceso actual (AS-IS)*
- *Identificar ineficiencias*
- *Diseñar el proceso optimizado (TO-BE)*

Esto permitió visualizar la dinámica de toma de decisiones dentro del sistema tarifario.

d. Diseño conceptual de sistema BI

Se desarrolló un modelo conceptual basado en:

- *Data Warehouse*
- *Integración de fuentes de datos*
- *Definición de KPIs*
- *Diseño de dashboards*

Este instrumento constituye el principal aporte aplicado del estudio.

3.5 Procedimiento metodológico

El desarrollo de la investigación se estructuró en las siguientes fases:

a. Fase 1: Diagnóstico del sistema actual (AS-IS)

Se analizó el proceso de gestión tarifaria existente, identificando:

- *Tiempos de respuesta*
- *Limitaciones analíticas*

- *Dependencia de decisiones políticas*

Evidenciando ineficiencias como ciclos de decisión superiores a ocho meses.

b. Fase 2: Análisis del déficit tarifario

Se evaluó:

- *La brecha entre costos y tarifas*
- *El impacto fiscal del déficit*
- *La evolución histórica del problema*

c. Fase 3: Diseño del modelo BI (TO-BE)

Se desarrolló una propuesta que incluye:

- *Arquitectura tecnológica*
- *Integración de datos*
- *Simulación de escenarios*
- *Visualización de indicadores*

d. Fase 4: Evaluación del impacto

Se analizaron los beneficios potenciales del modelo en términos de:

- *Reducción del déficit*
- *Mejora en la toma de decisiones*
- *Transparencia institucional*

3.6 Herramientas de análisis y soporte tecnológico

El estudio incorpora herramientas conceptuales propias de la inteligencia de negocios:

- *Data Warehouse: para centralización de datos*
- *ETL (Extract, Transform, Load): para integración de información*
- *Herramientas de visualización (ej. Power BI, Tableau)*
- *Modelos analíticos para simulación de escenarios*

Estas tecnologías permiten transformar datos dispersos en información estratégica para la toma de decisiones.

3.7 Consideraciones de validez y rigor científico

Para garantizar la calidad metodológica del estudio se consideraron los siguientes criterios:

- *Validez interna: coherencia entre objetivos, métodos y resultados*
- *Validez externa: posibilidad de replicar el modelo en otros contextos*
- *Triangulación de fuentes: uso de múltiples fuentes de información*
- *Rigor analítico: fundamentación en literatura científica y datos verificables*

3.8 Limitaciones metodológicas

Entre las principales limitaciones se identifican:

- Dependencia de datos secundarios
- Restricciones en el acceso a información en tiempo real
- Carácter conceptual del modelo BI (no implementado empíricamente)

No obstante, estas limitaciones no afectan la validez del análisis, sino que abren oportunidades para futuras investigaciones.

4. RESULTADOS Y DIAGNÓSTICO DEL PROCESO ACTUAL (AS-IS)

El análisis del déficit tarifario del servicio público de energía eléctrica en el Ecuador revela una problemática estructural compleja, caracterizada por desequilibrios financieros persistentes, limitaciones en la gestión institucional y una insuficiente capacidad analítica para la toma de decisiones estratégicas.

Esta sección presenta los resultados del diagnóstico del sistema actual (AS-IS), integrando evidencia empírica, análisis interpretativo y evaluación crítica del proceso de gestión tarifaria.

4.1 Caracterización del déficit tarifario

Uno de los hallazgos centrales del estudio es la magnitud significativa del déficit tarifario, estimado en más de USD 600 millones, lo que evidencia una brecha estructural entre los costos reales del sistema eléctrico y los ingresos generados a través de las tarifas.

Este déficit se origina principalmente por:

- La persistencia de subsidios generalizados
- El incremento de costos de generación, especialmente térmica
- La dependencia de importaciones energéticas
- Ineficiencias operativas en distribución

Desde una perspectiva económica, este desequilibrio implica que el sistema no logra recuperar sus costos, trasladando la carga financiera al Estado.

Este fenómeno no solo compromete la sostenibilidad fiscal, sino que también distorsiona las señales de precios, afectando el comportamiento de los consumidores y la eficiencia del mercado.

4.2 Análisis de la estructura de costos y tarifas

El análisis comparativo entre costos reales y tarifas evidencia una desconexión significativa.

Mientras los costos de generación han experimentado incrementos debido a factores como el uso de generación térmica y condiciones hidrológicas adversas, las tarifas han permanecido relativamente contenidas por razones sociales y políticas.

Tabla 1. Relación entre costos reales y tarifas (análisis conceptual)

Componente del sistema	Comportamiento de costos	Comportamiento tarifario	Brecha identificada
<i>Generación</i>	<i>Alto (especialmente térmica)</i>	<i>Bajo/moderado</i>	<i>Alta</i>
<i>Transmisión</i>	<i>Estable</i>	<i>Estable</i>	<i>Media</i>
<i>Distribución</i>	<i>Creciente (pérdidas)</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alta</i>

Nota: Trabajo de campo (2025)

Los resultados muestran que el principal desbalance se concentra en la generación y distribución, donde los costos han aumentado sin un ajuste proporcional en las tarifas.

Esta situación confirma lo señalado por la literatura sobre subsidios energéticos, donde la fijación de precios por debajo de los costos reales genera déficits estructurales y desincentiva la inversión.

4.3 Diagnóstico del proceso de gestión tarifaria

El análisis del proceso AS-IS permitió identificar una serie de ineficiencias críticas en la gestión tarifaria del sector eléctrico ecuatoriano.

a. Figura conceptual (descripción del proceso actual)

- Recolección de datos fragmentados*
- Procesamiento manual y aislado*
- Análisis técnico limitado*
- Intervención política en decisiones*
- Aprobación de tarifas*
- Implementación sin simulación previa*

b. Principales hallazgos

- Fragmentación de la información: los datos se encuentran dispersos en múltiples sistemas, dificultando su integración.*
- Procesos manuales: la dependencia de análisis manual limita la eficiencia y precisión.*
- Ausencia de simulación: no existen herramientas para evaluar escenarios tarifarios en tiempo real.*
- Lentitud en la toma de decisiones: los ciclos pueden superar los 8 meses.*
- Influencia política: las decisiones no siempre responden a criterios técnicos.*

Estos resultados evidencian un modelo de gestión reactivo, donde las decisiones se toman en función de información histórica y no de proyecciones futuras.

Esto limita la capacidad del sistema para anticipar riesgos y responder de manera eficiente a cambios en el entorno.

4.4 Identificación de puntos críticos (pain points)

A partir del análisis del proceso AS-IS, se identificaron los siguientes puntos críticos:

Tabla 2. Principales ineficiencias del sistema

<i>Categoría</i>	<i>Problema identificado</i>	<i>Impacto</i>
<i>Datos</i>	<i>Fragmentación y falta de integración</i>	<i>Baja calidad del análisis</i>
<i>Procesos</i>	<i>Lentitud y manualidad</i>	<i>Retrasos en decisiones</i>
<i>Tecnología</i>	<i>Ausencia de BI</i>	<i>Incapacidad de simulación</i>
<i>Gobernanza</i>	<i>Influencia política</i>	<i>Decisiones subóptimas</i>

Nota: Trabajo de campo (2025)

Los problemas identificados no son independientes, sino que se encuentran interrelacionados. La falta de integración de datos limita la capacidad analítica, lo que a su vez incrementa la dependencia de criterios políticos en la toma de decisiones.

4.5 Evaluación de indicadores clave (KPIs actuales)

El sistema actual carece de un conjunto robusto de indicadores que permitan monitorear el desempeño del sector de manera integral. No obstante, se identificaron algunos KPIs relevantes:

- Déficit tarifario total (USD)*
- Nivel de subsidios (%)*
- Índice de recaudación*
- Costos de generación por tipo de fuente*

La ausencia de indicadores integrados y visualizados en tiempo real limita la capacidad de gestión estratégica. En comparación con sistemas más avanzados, donde los dashboards permiten monitorear múltiples variables simultáneamente, el sistema ecuatoriano presenta una clara desventaja.

4.6 Impacto de la reforma tarifaria de 2025

La reforma tarifaria de junio de 2025 representa un intento de corregir las distorsiones existentes mediante ajustes en los pliegos tarifarios, especialmente en sectores de mayor consumo.

Resultados preliminares

- Incremento en tarifas para sectores industrial y comercial*
- Reducción parcial del déficit*
- Persistencia de subsidios en segmentos residenciales*

Si bien la reforma constituye un avance hacia la sostenibilidad, su impacto es limitado debido a la falta de herramientas analíticas que permitan optimizar su diseño. La ausencia de simulaciones previas dificulta la evaluación de sus efectos a largo plazo.

4.7 Síntesis interpretativa de los resultados

En conjunto, los resultados evidencian que el déficit tarifario en el Ecuador no es únicamente un problema financiero, sino un fenómeno sistémico que involucra:

- Fallas en el diseño tarifario*
- Limitaciones tecnológicas*
- Debilidades institucionales*
- Falta de gobernanza basada en datos*

Este diagnóstico confirma la necesidad de transformar el modelo de gestión hacia un enfoque basado en inteligencia de negocios, que permita integrar datos, automatizar procesos y mejorar la toma de decisiones.

5. PROPUESTA DE REDISEÑO E INNOVACIÓN BASADA EN INTELIGENCIA DE NEGOCIOS (TO-BE)

El diagnóstico del sistema actual evidencia que el déficit tarifario del sector eléctrico ecuatoriano no responde únicamente a un problema económico, sino a una limitación estructural en la capacidad analítica, la gestión de datos y la gobernanza del sistema.

En este contexto, la presente sección plantea una propuesta de rediseño integral (TO-BE) basada en inteligencia de negocios (BI), orientada a transformar el modelo de toma de decisiones hacia un enfoque proactivo, transparente y basado en evidencia.

5.1 Principios estratégicos del modelo propuesto

La propuesta se fundamenta en cuatro principios rectores que guían la transformación del sistema:

a. Gobernanza basada en datos

El modelo propone sustituir el enfoque tradicional de toma de decisiones, caracterizado por criterios políticos o reactivos, por un sistema fundamentado en evidencia empírica y análisis en tiempo real.

Esto implica la integración de datos provenientes de múltiples fuentes y su utilización sistemática en la formulación de políticas tarifarias.

b. Analítica predictiva y simulación

A diferencia del modelo actual, el sistema TO-BE incorpora capacidades de simulación que permiten evaluar el impacto de diferentes escenarios tarifarios antes de su implementación, reduciendo la incertidumbre y los riesgos asociados a las decisiones.

c. Transparencia y acceso universal a la información

El modelo contempla la creación de un sistema de visualización pública que permita a los diferentes actores (Estado, academia, sector productivo y ciudadanía) acceder a información clara y actualizada sobre el desempeño del sistema eléctrico.

d. Sostenibilidad financiera y social

La propuesta busca equilibrar la recuperación de costos con la protección de los sectores vulnerables, mediante una focalización más eficiente de los subsidios basada en datos.

5.2 Arquitectura conceptual del sistema BI

El núcleo de la propuesta es la implementación de una arquitectura de inteligencia de negocios que permita integrar, procesar y analizar grandes volúmenes de datos del sector eléctrico.

5.2.1. Componentes principales

a. Fuentes de datos

- Sistemas operativos (SCADA)*
- Sistemas administrativos (ERP)*
- Datos del mercado eléctrico*
- Información socioeconómica (INEC)*

b. Proceso ETL (Extract, Transform, Load)

Se establece un proceso automatizado para:

- Extraer datos de diferentes fuentes*
- Transformarlos en formatos compatibles*
- Cargarlos en un repositorio central*

c. Data Warehouse centralizado

La información se almacena en un repositorio estructurado que permite:

- Integración de datos históricos*
- Análisis multidimensional*
- Consistencia de la información*

d. Motor analítico

Este componente permite:

- Modelado de escenarios*
- Simulación de tarifas*
- Análisis predictivo*

e. Capa de visualización

Incluye dashboards interactivos que presentan:

- KPIs estratégicos*
- Indicadores financieros*
- Impacto social*

Esta arquitectura permite superar la fragmentación actual de los datos y constituye la base para una gestión inteligente del sistema eléctrico, alineada con las tendencias internacionales en gobernanza digital.

5.3 Modelo analítico para simulación tarifaria

Uno de los aportes más relevantes del estudio es el desarrollo de un modelo analítico que permite simular el impacto de diferentes escenarios tarifarios sobre el déficit.

a. Variables consideradas

- Costos de generación (por tipo de fuente)*
- Demanda energética*
- Elasticidad-precio de la demanda*
- Niveles de subsidio*
- Segmentos de consumo*

b. Funcionalidades del modelo

- Simulación de incrementos tarifarios por segmento*
- Proyección del déficit en diferentes escenarios*
- Evaluación del impacto en consumidores*
- Análisis de sostenibilidad del sistema*

Este modelo permite responder preguntas clave como:

- ¿Qué porcentaje de ajuste tarifario reduce el déficit sin afectar significativamente a los consumidores vulnerables?*
- ¿Cómo impacta una variación en los costos de generación sobre la estructura tarifaria?*

Esto representa un avance significativo frente al modelo actual, que carece de capacidades de simulación.

5.4 Rediseño del proceso de gestión tarifaria (TO-BE)

El proceso optimizado introduce cambios estructurales en la forma en que se gestionan las tarifas:

a. Proceso TO-BE

- Integración automática de datos
- Análisis en tiempo real
- Simulación de escenarios
- Evaluación técnica basada en KPIs
- Validación institucional
- Comunicación transparente

Tabla 3. Comparación AS-IS vs TO-BE

Dimensión	AS-IS	TO-BE
Datos	Fragmentados	Integrados
Análisis	Manual	Automatizado
Decisiones	Reactivas	Predictivas
Transparencia	Limitada	Abierta
Tiempo de respuesta	>8 meses	Tiempo real

Nota: elaborado por los autores (2025)

El rediseño transforma el sistema de un modelo burocrático y lento a uno ágil, inteligente y orientado a resultados.

5.5 Diseño conceptual del dashboard estratégico

El dashboard constituye la interfaz principal del sistema BI, permitiendo la visualización de indicadores clave.

5.5.1. Indicadores propuestos

a. Financieros

- Déficit tarifario (USD)
- Cobertura de costos (%)

b. Operativos

- Índice de recaudación
- Costos por tipo de generación

c. Sociales

- Impacto tarifario por segmento
- Nivel de subsidios

5.5.2. Características del dashboard

- Interactividad
- Actualización en tiempo real
- Visualización clara
- Acceso público

El dashboard no solo cumple una función técnica, sino también política, al mejorar la transparencia y fortalecer la confianza ciudadana.

5.6 Beneficios esperados del modelo

Tabla 4. Beneficios del sistema TO-BE

<i>Dimensión</i>	<i>Beneficio</i>
<i>Financiera</i>	<i>Reducción del déficit</i>
<i>Operativa</i>	<i>Mayor eficiencia</i>
<i>Estratégica</i>	<i>Mejores decisiones</i>
<i>Social</i>	<i>Mayor equidad</i>
<i>Institucional</i>	<i>Transparencia</i>

Nota: elaborado por los autores (2025)

La implementación del modelo BI tiene el potencial de generar beneficios tanto cuantitativos como cualitativos, transformando la gestión del sector eléctrico.

5.7 Síntesis del aporte científico

La propuesta TO-BE constituye un aporte innovador en tres niveles:

- **Teórico:** integra economía energética y BI
- **Metodológico:** propone un modelo analítico aplicado
- **Práctico:** ofrece una solución viable para el sector eléctrico

6. EVALUACIÓN DEL IMPACTO Y DISCUSIÓN

La implementación de un modelo basado en inteligencia de negocios (BI) en la gestión tarifaria del sector eléctrico ecuatoriano representa una transformación estructural que trasciende el ámbito tecnológico, impactando directamente en la sostenibilidad financiera, la eficiencia operativa y la gobernanza pública.

En esta sección se evalúan los efectos potenciales del modelo propuesto y se discuten sus implicaciones a la luz de la literatura científica y experiencias internacionales.

6.1 Evaluación del impacto del modelo propuesto

6.1.1 Impacto financiero

El principal beneficio esperado del modelo TO-BE es la reducción progresiva del déficit tarifario mediante una mejor alineación entre costos reales y tarifas. La capacidad de simular escenarios permite identificar estructuras tarifarias óptimas que maximicen la recuperación de costos sin generar efectos adversos desproporcionados en los consumidores.

Diversos estudios han demostrado que la implementación de sistemas analíticos en el sector energético mejora la eficiencia en la asignación de recursos y reduce las pérdidas financieras (World Bank, 2024). En el caso ecuatoriano, donde el déficit supera los 600 millones de dólares, incluso una reducción parcial representaría un impacto fiscal significativo.

6.1.2 Impacto operativo

Desde el punto de vista operativo, la automatización de procesos y la integración de datos permitirían reducir los tiempos de toma de decisiones, que actualmente pueden superar los ocho meses.

La disponibilidad de información en tiempo real facilita una gestión más ágil y adaptativa del sistema eléctrico.

Asimismo, la identificación de ineficiencias operativas, como pérdidas técnicas y no técnicas, puede ser optimizada mediante el uso de indicadores clave y análisis predictivo, contribuyendo a mejorar el desempeño general del sistema.

6.1.3 Impacto en la toma de decisiones

La transición hacia un modelo basado en datos implica un cambio paradigmático en la toma de decisiones. La evidencia empírica sugiere que las organizaciones que adoptan enfoques de data-driven decision making logran mejores resultados en términos de eficiencia y efectividad (Rogger & Schuster, 2023).

En el contexto del sector público, esto se traduce en políticas más coherentes, consistentes y alineadas con objetivos estratégicos. La capacidad de evaluar múltiples escenarios antes de implementar reformas reduce la incertidumbre y mejora la calidad de las decisiones.

6.1.4 Impacto social

Uno de los aspectos más relevantes de la reforma tarifaria es su impacto en los consumidores. El modelo propuesto permite analizar de manera diferenciada los efectos de los ajustes tarifarios en distintos segmentos de la población, facilitando una focalización más eficiente de los subsidios.

La literatura indica que los subsidios energéticos pueden ser más efectivos cuando se dirigen específicamente a los sectores vulnerables, en lugar de aplicarse de manera

generalizada (Coady et al., 2015). En este sentido, el uso de herramientas analíticas contribuye a mejorar la equidad del sistema.

6.1.5 Impacto en la transparencia y gobernanza

La incorporación de dashboards públicos y sistemas de visualización contribuye a fortalecer la transparencia y la rendición de cuentas. La disponibilidad de información clara y accesible permite a la ciudadanía comprender las decisiones tarifarias y sus implicaciones.

Este enfoque se alinea con los principios de gobernanza abierta promovidos por organismos internacionales como la OCDE, que destacan la importancia del uso de datos para mejorar la confianza pública y la legitimidad de las políticas (OECD, 2019).

6.2 Discusión

El análisis realizado confirma que el déficit tarifario del sector eléctrico ecuatoriano no puede ser abordado exclusivamente mediante ajustes en las tarifas, sino que requiere una transformación integral del modelo de gestión.

En este sentido, la propuesta basada en inteligencia de negocios se posiciona como una herramienta clave para superar las limitaciones actuales.

Desde una perspectiva comparada, los resultados del estudio son consistentes con la evidencia internacional. En el caso de Chile, la sostenibilidad del sistema eléctrico ha sido posible gracias a una institucionalidad técnica robusta y al uso de información transparente para la toma de decisiones (Serra, 2022).

La existencia de plataformas de datos abiertos ha permitido una supervisión constante del mercado y una mayor eficiencia en la regulación.

Por el contrario, la experiencia argentina demuestra las consecuencias de la ausencia de políticas tarifarias basadas en datos. El mantenimiento de tarifas artificialmente bajas durante largos períodos generó déficits fiscales significativos y deterioro de la infraestructura, obligando posteriormente a implementar sistemas complejos de segmentación para corregir las distorsiones (Giuliano et al., 2020).

En este contexto, Ecuador se encuentra en una etapa de transición, donde la reforma tarifaria de 2025 representa un intento de avanzar hacia un modelo más sostenible.

Sin embargo, la efectividad de esta reforma depende en gran medida de la capacidad del sistema para incorporar herramientas analíticas que permitan su adecuada implementación y seguimiento.

El modelo propuesto en este estudio responde a esta necesidad, integrando elementos de economía energética, gestión por procesos y analítica de datos.

Este enfoque multidisciplinario constituye una contribución relevante a la literatura, al vincular conceptos que tradicionalmente han sido abordados de manera independiente.

Asimismo, la propuesta se alinea con las tendencias globales en digitalización del sector público, donde el uso de tecnologías avanzadas se ha convertido en un factor clave para mejorar la eficiencia y la calidad de los servicios.

La adopción de inteligencia de negocios en la gestión energética no solo permite optimizar la toma de decisiones, sino también anticipar riesgos y diseñar políticas más resilientes.

No obstante, la implementación de este tipo de modelos enfrenta desafíos importantes, incluyendo la disponibilidad de datos, la capacidad técnica de las instituciones y la resistencia al cambio organizacional.

Estos factores deben ser considerados en el diseño de estrategias de implementación, para garantizar el éxito del proceso de transformación.

En términos teóricos, el estudio aporta evidencia sobre la relevancia de integrar la inteligencia de negocios en el análisis de políticas públicas, ampliando el campo de aplicación de estas herramientas más allá del ámbito empresarial.

Desde una perspectiva práctica, ofrece una guía conceptual para la implementación de sistemas analíticos en el sector eléctrico, con potencial de replicabilidad en otros contextos.

En síntesis, los resultados y la discusión evidencian que la transformación del modelo de gestión del sector eléctrico ecuatoriano requiere no solo reformas tarifarias, sino también una modernización profunda basada en el uso estratégico de datos.

La inteligencia de negocios emerge, así como un componente esencial para garantizar la sostenibilidad, eficiencia y equidad del sistema.

7. CONCLUSIONES

El análisis del déficit tarifario del servicio público de energía eléctrica en el Ecuador permite afirmar que este fenómeno constituye una problemática estructural compleja, cuya persistencia no responde únicamente a desajustes económicos, sino a limitaciones sistémicas en la gestión institucional, la gobernanza del sector y el uso estratégico de la información.

La evidencia examinada demuestra que la brecha entre los costos reales del sistema eléctrico y las tarifas aplicadas ha generado un desequilibrio financiero sostenido que compromete la sostenibilidad fiscal del Estado, limita la inversión en infraestructura y afecta la calidad del servicio en el mediano y largo plazo.

En este contexto, la reforma tarifaria implementada en junio de 2025 representa un esfuerzo relevante por corregir estas distorsiones, aunque sus efectos resultan condicionados por la ausencia de herramientas analíticas robustas que permitan anticipar sus impactos y optimizar su diseño.

La falta de capacidades de simulación, la fragmentación de los datos y la prevalencia de enfoques reactivos en la toma de decisiones evidencian la necesidad de una transformación profunda del modelo de gestión del sector eléctrico.

A partir de este diagnóstico, el presente estudio propone un modelo basado en inteligencia de negocios que constituye un aporte significativo tanto desde el punto de vista teórico como aplicado.

La integración de tecnologías de análisis de datos, modelado de escenarios y visualización de información permite superar las limitaciones del enfoque tradicional, facilitando una toma de decisiones más informada, transparente y orientada a resultados.

Este modelo no solo contribuye a mejorar la eficiencia operativa y la sostenibilidad financiera del sistema, sino que también fortalece la equidad social mediante una focalización más precisa de los subsidios.

La discusión comparada con experiencias internacionales refuerza la relevancia de adoptar enfoques basados en datos en la gestión energética.

Mientras que países como Chile han logrado consolidar sistemas sostenibles mediante el fortalecimiento de su institucionalidad técnica y el uso de información transparente, casos como el argentino evidencian los costos de mantener políticas tarifarias desvinculadas de la realidad económica.

En este sentido, el Ecuador se encuentra en una etapa de transición que ofrece una oportunidad estratégica para incorporar herramientas analíticas que permitan evitar errores del pasado y avanzar hacia un modelo más eficiente y resiliente.

Asimismo, el estudio pone de manifiesto que la transformación digital del sector público no debe entenderse únicamente como la adopción de tecnologías, sino como un cambio paradigmático en la forma de diseñar e implementar políticas públicas.

La inteligencia de negocios se posiciona como un elemento clave en este proceso, al permitir la articulación entre datos, conocimiento y acción, facilitando una gobernanza más dinámica y adaptativa.

No obstante, la implementación del modelo propuesto enfrenta desafíos importantes, incluyendo la necesidad de fortalecer las capacidades técnicas de las instituciones, garantizar la calidad y disponibilidad de los datos, y gestionar el cambio organizacional.

Estos aspectos requieren una planificación estratégica que considere no solo los componentes tecnológicos, sino también los factores humanos y culturales que influyen en la adopción de innovaciones.

En conclusión, el presente capítulo demuestra que la solución al déficit tarifario del sector eléctrico ecuatoriano no radica exclusivamente en ajustes de precios, sino en la construcción de un sistema de gestión inteligente basado en evidencia.

La adopción de modelos de inteligencia de negocios representa una oportunidad para transformar la gobernanza del sector, mejorar la eficiencia del sistema y garantizar su sostenibilidad en un contexto de creciente complejidad energética.

Este enfoque no solo es pertinente para el caso ecuatoriano, sino que ofrece una referencia valiosa para otros países de la región que enfrentan desafíos similares

**CAPÍTULO 2: ANÁLISIS Y PROPUESTA DE
OPTIMIZACIÓN
PARA EL PROCESO DE FUMIGACIÓN EN LA
INDUSTRIA BANANERA, MEDIANTE UN SISTEMA
INTEGRADO DE IOT Y BUSINESS INTELLIGENCE**

*Carlos Santillán
Jaime Vinicio Gualli Zoria
Cristian Sáenz De Viteri*



La agricultura contemporánea se encuentra inmersa en un proceso de transformación estructural impulsado por la convergencia de tecnologías digitales, la intensificación de la competencia global y la creciente presión por adoptar modelos productivos sostenibles.

Este fenómeno, ampliamente reconocido como Agricultura 4.0, representa un cambio paradigmático en la manera en que se gestionan los sistemas agroproductivos, transitando desde esquemas tradicionales basados en la experiencia empírica hacia modelos fundamentados en datos, automatización e inteligencia analítica (Wolfert, Ge, Verdouw, & Bogaardt, 2017).

En este contexto, la industria bananera adquiere una relevancia estratégica particular, especialmente en países como Ecuador, donde constituye uno de los pilares fundamentales de la economía agrícola y de exportación.

Según el Ministerio de Agricultura y Ganadería (2023), este sector aporta aproximadamente el 35% del PIB agrícola nacional, posicionando al país como líder mundial en exportación de banano.

No obstante, este liderazgo se enfrenta a desafíos estructurales significativos, derivados tanto de la volatilidad de los mercados internacionales como del incremento sostenido en los costos de producción, especialmente en insumos críticos como fertilizantes y fungicidas.

Diversos estudios han evidenciado la existencia de una dinámica económica adversa en el sector agrícola, caracterizada por una divergencia progresiva entre el crecimiento de los costos de insumos y los precios percibidos por los productores, fenómeno conocido como “presión de la tijera” (FAO, 2024).

Esta situación obliga a las organizaciones agroindustriales a replantear sus estrategias operativas, priorizando la eficiencia, la optimización de recursos y la incorporación de tecnologías que permitan mejorar la competitividad sin comprometer la sostenibilidad ambiental.

En este escenario, los procesos postcosecha adquieren una importancia crítica, dado su impacto directo en la calidad del producto final, la reducción de pérdidas y la eficiencia logística.

Entre estos procesos, la fumigación representa una etapa clave dentro de la cadena de valor del banano, ya que garantiza la protección fitosanitaria del producto durante su transporte y comercialización internacional.

Sin embargo, como se evidencia en estudios recientes sobre gestión de procesos agrícolas, estos procedimientos suelen estar caracterizados por altos niveles de variabilidad, dependencia de la intervención humana y limitada trazabilidad, lo que incrementa los riesgos operativos y los costos asociados (Kamilaris & Prenafeta-Boldú, 2018).

Desde una perspectiva organizacional, estas problemáticas pueden ser comprendidas a través del enfoque de la Gestión de Procesos de Negocio (Business Process Management, BPM), el cual plantea que las ineficiencias no deben analizarse como eventos aislados, sino

como manifestaciones de fallas sistémicas en el diseño y ejecución de los procesos (Dumas, La Rosa, Mendling, & Reijers, 2018).

En el caso de la industria bananera, la ausencia de una gestión estructurada de procesos, sumada a la falta de integración tecnológica, limita la capacidad de las organizaciones para monitorear, controlar y optimizar sus operaciones en tiempo real.

Frente a estos desafíos, la incorporación del Internet de las Cosas (IoT) emerge como una de las principales tecnologías habilitadoras de la transformación digital en la agricultura. El IoT permite la interconexión de dispositivos y sensores capaces de capturar datos en tiempo real sobre variables críticas del entorno productivo, facilitando una gestión más precisa y eficiente de los recursos (Ashton, 2009).

En el ámbito agrícola, su aplicación ha demostrado beneficios significativos, tales como la reducción en el uso de agroquímicos, la optimización del consumo de agua y la mejora en los niveles de productividad (Elijah, Rahman, Orikumhi, Leow, & Hindia, 2018).

No obstante, la generación de grandes volúmenes de datos requiere de herramientas analíticas que permitan transformar esta información en conocimiento accionable. En este sentido, la Inteligencia de Negocios (Business Intelligence, BI) desempeña un rol fundamental al facilitar la integración, análisis y visualización de datos, apoyando la toma de decisiones estratégicas basadas en evidencia (Turban, Sharda, Delen, & King, 2011).

La implementación de sistemas de BI en entornos agrícolas permite no solo mejorar la eficiencia operativa, sino también fortalecer la trazabilidad y el cumplimiento de estándares internacionales de calidad.

En conjunto, la integración de BPM, IoT y BI configura un enfoque holístico para la optimización de procesos agroindustriales, permitiendo abordar simultáneamente los desafíos operativos, tecnológicos y estratégicos que enfrenta el sector.

Este enfoque resulta especialmente relevante en contextos donde la digitalización aún se encuentra en etapas incipientes, como ocurre en gran parte de la agroindustria latinoamericana.

A partir de este marco conceptual, el presente capítulo tiene como propósito analizar y proponer un modelo de optimización del proceso de fumigación postcosecha en la industria bananera, mediante la integración de tecnologías IoT y herramientas de Business Intelligence, bajo un enfoque de gestión de procesos.

La investigación se desarrolla a partir de un estudio de caso aplicado a una finca bananera, lo que permite no solo identificar las principales ineficiencias del proceso actual, sino también diseñar una propuesta de mejora basada en datos y orientada a la toma de decisiones.

De manera específica, el capítulo busca: (i) diagnosticar las ineficiencias del proceso actual de fumigación, (ii) diseñar un modelo optimizado que integre monitoreo en tiempo real y análisis de datos, y (iii) evaluar el impacto potencial de dicha propuesta en términos de reducción de costos, mejora de la trazabilidad y optimización del desempeño operativo.

Asimismo, se pretende contribuir al desarrollo de conocimiento aplicado en el campo de la transformación digital agrícola, ofreciendo un modelo replicable en contextos similares.

Finalmente, este trabajo se inscribe dentro de las tendencias contemporáneas de investigación orientadas a la sostenibilidad y digitalización del sector agroalimentario, aportando evidencia sobre cómo la adopción de tecnologías emergentes puede convertirse en un factor clave para la competitividad y resiliencia de las organizaciones en mercados globales cada vez más exigentes.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Transformación digital y agricultura 4.0: un cambio paradigmático en los sistemas agroproductivos

La transformación digital en el sector agrícola ha dado lugar a un nuevo paradigma productivo conocido como Agricultura 4.0, caracterizado por la incorporación intensiva de tecnologías digitales, sistemas ciberfísicos y análisis de datos avanzados en los procesos agroindustriales.

Este enfoque no solo implica la automatización de tareas, sino una reconfiguración estructural de la toma de decisiones, basada en la integración de datos en tiempo real y modelos predictivos (Wolfert et al., 2017).

Desde una perspectiva sistémica, la Agricultura 4.0 se sustenta en la convergencia de múltiples tecnologías, entre las que destacan el Internet de las Cosas (IoT), la inteligencia artificial, el Big Data y las plataformas de análisis de datos.

Según Kamilaris y Prenafeta-Boldú (2018), estas tecnologías permiten mejorar la eficiencia operativa, reducir el uso de recursos y aumentar la productividad, al tiempo que favorecen prácticas agrícolas más sostenibles.

No obstante, la adopción de estas tecnologías en contextos latinoamericanos presenta desafíos particulares, asociados a limitaciones estructurales como la falta de infraestructura digital, la baja capacitación tecnológica del personal y la resistencia al cambio organizacional (Rotz et al., 2019).

En este sentido, la digitalización agrícola no puede entenderse únicamente como un proceso tecnológico, sino como una transformación organizacional que requiere cambios en la cultura, los procesos y las capacidades institucionales.

En el caso específico de la industria bananera, la transición hacia modelos de Agricultura 4.0 resulta especialmente relevante debido a la creciente presión por cumplir con estándares internacionales de calidad, trazabilidad y sostenibilidad.

La digitalización de procesos críticos, como la fumigación postcosecha, se convierte así en una estrategia clave para mejorar la competitividad en mercados globales altamente regulados.

2.2. Gestión de procesos de negocio (BPM) como base para la optimización organizacional

La Gestión de Procesos de Negocio (Business Process Management, BPM) constituye una de las principales aproximaciones teóricas y metodológicas para la mejora continua de las organizaciones. De acuerdo con Dumas et al. (2018), BPM es una disciplina orientada al diseño, ejecución, monitoreo y optimización de procesos con el fin de alinearlos con los objetivos estratégicos de la organización.

A diferencia de los enfoques funcionales tradicionales, BPM propone una visión transversal de la organización, en la que los procesos son concebidos como flujos de valor que atraviesan múltiples áreas y actores.

Esta perspectiva permite identificar cuellos de botella, redundancias y actividades que no agregan valor, facilitando la implementación de mejoras estructurales (Weske, 2012).

En el contexto agroindustrial, donde los procesos suelen estar fragmentados y altamente dependientes de la experiencia operativa, la adopción de BPM representa una oportunidad para sistematizar el conocimiento y mejorar la eficiencia.

Según Van der Aalst (2013), el modelado de procesos mediante estándares como BPMN (Business Process Model and Notation) permite visualizar de manera clara las interacciones entre actividades, recursos y decisiones, facilitando la identificación de oportunidades de automatización.

En relación con el proceso de fumigación en la industria bananera, la ausencia de una gestión basada en procesos se traduce en ineficiencias sistémicas, como la variabilidad en la dosificación de insumos, la falta de trazabilidad y la generación de cuellos de botella en la cadena de empaque.

Desde la perspectiva de BPM, estos problemas no son eventos aislados, sino manifestaciones de un diseño de proceso subóptimo, lo que justifica la necesidad de un rediseño integral (TO-BE).

2.3. Internet de las Cosas (IoT) en la agricultura de precisión

El Internet de las Cosas (IoT) ha emergido como una tecnología clave en la transformación digital de la agricultura, al permitir la interconexión de dispositivos físicos capaces de recopilar, transmitir y procesar datos en tiempo real.

Este concepto, introducido inicialmente por Ashton (2009), ha evolucionado hacia aplicaciones complejas en diversos sectores, incluyendo el agroalimentario.

En el ámbito de la agricultura de precisión, el IoT permite monitorear variables críticas como la humedad del suelo, la temperatura, la radiación solar y la aplicación de insumos, facilitando una gestión más eficiente y precisa de los recursos. Según Elijah et al. (2018), la implementación de soluciones basadas en IoT puede reducir significativamente el uso de pesticidas y fertilizantes, al optimizar su aplicación en función de las condiciones reales del entorno.

Asimismo, el IoT contribuye a la generación de sistemas de producción más resilientes, al permitir la detección temprana de anomalías y la toma de decisiones proactivas.

En el caso de la fumigación postcosecha, la incorporación de sensores para medir variables como la concentración de fungicidas, la temperatura y el tiempo de exposición puede reducir la variabilidad del proceso y mejorar la calidad del producto final.

Otro aspecto relevante del IoT es su contribución a la trazabilidad en la cadena de suministro. Aung y Chang (2014) destacan que la capacidad de rastrear el origen y las condiciones de producción de los alimentos es cada vez más demandada por consumidores y reguladores, lo que convierte a la trazabilidad en un factor clave de competitividad.

En este sentido, la integración de IoT en los procesos agrícolas permite generar registros digitales confiables, facilitando el cumplimiento de estándares internacionales como GlobalG.A.P.

2.4. Business Intelligence (BI) y la toma de decisiones basada en datos

La Inteligencia de Negocios (Business Intelligence, BI) se define como un conjunto de tecnologías, procesos y herramientas orientadas a la recopilación, integración, análisis y visualización de datos con el fin de apoyar la toma de decisiones (Turban et al., 2011).

En un entorno caracterizado por la abundancia de datos, el BI permite transformar información dispersa en conocimiento estratégico.

En el contexto de la agricultura digital, el BI desempeña un papel fundamental al integrar los datos generados por dispositivos IoT y otras fuentes, facilitando su análisis y visualización. Las herramientas de BI, como los dashboards interactivos, permiten a los gestores monitorear indicadores clave de desempeño (KPIs) en tiempo real, identificar tendencias y detectar desviaciones (Few, 2013).

Diversos estudios han demostrado que las organizaciones que adoptan enfoques de toma de decisiones basados en datos presentan mejores niveles de desempeño y competitividad. Brynjolfsson y Hitt (2003) evidencian que el uso intensivo de datos está asociado con incrementos significativos en la productividad y la rentabilidad empresarial.

En el caso de la industria bananera, la implementación de sistemas de BI permite mejorar la gestión de procesos críticos como la fumigación, al proporcionar información detallada sobre el consumo de insumos, los tiempos de ciclo y la trazabilidad de los lotes.

Esto no solo contribuye a la eficiencia operativa, sino que también fortalece la capacidad de la organización para cumplir con estándares internacionales y responder a las demandas del mercado.

2.5. Trazabilidad, sostenibilidad y competitividad en la agroindustria

La trazabilidad se ha consolidado como un elemento central en la gestión de cadenas de suministro agroalimentarias, especialmente en contextos de exportación. De acuerdo con

Bosona y Gebresenbet (2013), la trazabilidad permite rastrear el recorrido de un producto desde su origen hasta el consumidor final, garantizando la transparencia y la seguridad alimentaria.

En mercados internacionales altamente regulados, como el europeo y el estadounidense, la trazabilidad no es solo un requisito normativo, sino un factor diferenciador que influye en la percepción de calidad del producto.

En este sentido, la falta de sistemas de trazabilidad robustos puede traducirse en la pérdida de certificaciones y mercados estratégicos.

Por otro lado, la sostenibilidad se ha convertido en un eje transversal en la agroindustria, impulsada por la necesidad de reducir el impacto ambiental de las actividades productivas. Según Tilman et al. (2011), la intensificación sostenible de la agricultura requiere optimizar el uso de insumos, reducir las emisiones y minimizar la contaminación de los recursos naturales.

La integración de tecnologías como IoT y BI permite avanzar hacia modelos de producción más sostenibles, al facilitar el monitoreo y control del uso de recursos.

En el caso de la fumigación, la optimización en la aplicación de fungicidas no solo reduce costos, sino que también disminuye el impacto ambiental, contribuyendo a la sostenibilidad del sistema productivo.

Finalmente, la competitividad en la agroindustria depende cada vez más de la capacidad de las organizaciones para innovar y adaptarse a entornos dinámicos.

Porter (1985) plantea que la ventaja competitiva se construye a partir de la optimización de la cadena de valor, lo que implica mejorar la eficiencia de los procesos y diferenciar el producto. En este sentido, la digitalización de procesos críticos representa una oportunidad para generar ventajas competitivas sostenibles en la industria bananera.

3. METODOLOGÍA

3.1. Enfoque epistemológico y diseño de investigación

El presente estudio se enmarca en un enfoque pragmático de investigación, el cual prioriza la resolución de problemas complejos mediante la integración de distintos métodos y perspectivas analíticas.

Este enfoque resulta especialmente pertinente en contextos aplicados, como la optimización de procesos agroindustriales, donde la comprensión del fenómeno requiere tanto evidencia empírica cuantificable como interpretación contextual de las dinámicas operativas (Creswell & Plano Clark, 2017).

Desde esta perspectiva, se adopta un diseño de métodos mixtos de tipo explicativo secuencial, en el cual la fase cuantitativa precede y orienta la fase cualitativa. Este diseño permite, en una primera instancia, identificar patrones, tendencias y relaciones en los

datos, y posteriormente profundizar en la comprensión de los factores subyacentes que explican dichos resultados (Ivankova, Creswell, & Stick, 2006).

El estudio se desarrolla bajo la estrategia metodológica de estudio de caso, centrado en una finca bananera como unidad de análisis. De acuerdo con Yin (2018), el estudio de caso es apropiado cuando se busca analizar fenómenos contemporáneos en su contexto real, especialmente cuando los límites entre el fenómeno y el contexto no están claramente definidos.

En este sentido, el proceso de fumigación postcosecha constituye un sistema complejo influenciado por variables técnicas, humanas y organizacionales.

Adicionalmente, la investigación incorpora elementos de Investigación-Acción (IAP), dado que no se limita a describir la problemática, sino que propone una intervención concreta orientada a la mejora del proceso mediante la integración de tecnologías IoT y BI.

Según Kemmis y McTaggart (2005), este enfoque permite generar conocimiento aplicado a través de ciclos iterativos de diagnóstico, planificación, acción y reflexión.

3.2. Tipo y alcance de la investigación

El estudio presenta un alcance descriptivo, explicativo y propositivo. En primer lugar, es descriptivo en la medida en que caracteriza el proceso actual de fumigación (AS-IS), identificando sus etapas, actores involucrados y principales ineficiencias.

En segundo lugar, es explicativo, ya que busca comprender las causas subyacentes de dichas ineficiencias, integrando evidencia empírica y fundamentos teóricos. Finalmente, es propositivo, al diseñar un modelo optimizado (TO-BE) basado en tecnologías digitales.

Asimismo, la investigación tiene un carácter aplicado, orientado a la solución de un problema específico en un contexto real, pero con potencial de generalización analítica hacia otros sistemas agroindustriales similares (Yin, 2018).

Este enfoque permite trascender la particularidad del caso estudiado, generando conocimiento transferible.

3.3. Unidad de análisis y contexto del estudio

La unidad de análisis corresponde al proceso de fumigación postcosecha en una finca bananera, considerado como un sistema operativo dentro de la cadena de valor agroexportadora.

Este proceso incluye actividades que van desde la recepción del producto en la empacadora hasta su preparación final para el transporte, involucrando múltiples actores y recursos.

El contexto del estudio está determinado por las condiciones propias de la industria bananera ecuatoriana, caracterizada por altos volúmenes de producción, exigencias estrictas de calidad y trazabilidad, y presión constante sobre los costos operativos.

Estas condiciones generan un entorno propicio para la aparición de ineficiencias sistémicas, especialmente en procesos críticos como la fumigación.

3.4. Fases de la investigación

El desarrollo metodológico se estructura en cuatro fases principales, alineadas con el enfoque de mejora continua y con los objetivos del estudio:

a. Fase 1: Diagnóstico del proceso actual (AS-IS)

En esta fase se realiza el levantamiento y análisis del proceso existente, utilizando herramientas de modelado de procesos como BPMN 2.0. El objetivo es identificar los flujos de trabajo, los puntos de control, los actores involucrados y las principales ineficiencias. Se emplea un enfoque combinado que integra:

- Observación directa del proceso*
- Entrevistas semi-estructuradas con operarios y supervisores*
- Revisión documental de registros operativos*

Esta fase permite construir una representación detallada del proceso, identificando los denominados “puntos de dolor”, tales como la variabilidad en la dosificación de insumos, la falta de trazabilidad y los cuellos de botella en la cadena de empaque.

b. Fase 2: Análisis cuantitativo y contextualización del problema

En esta fase se utilizan datos secundarios provenientes de fuentes oficiales, como FAOSTAT, con el fin de contextualizar la problemática a nivel macroeconómico. Se analizan variables como:

- Costos de insumos agrícolas*
- Producción de banano*
- Tendencias históricas del sector*

El procesamiento y análisis de datos se realiza mediante herramientas estadísticas (RStudio), permitiendo la generación de visualizaciones que evidencian fenómenos como la “presión de la tijera”, donde los costos crecen a mayor ritmo que los ingresos.

Este análisis cuantitativo no solo valida la relevancia del problema identificado en campo, sino que también fortalece la justificación de la propuesta de intervención.

c. Fase 3: Diseño del modelo optimizado (TO-BE)

En esta fase se desarrolla la propuesta de mejora del proceso, integrando tecnologías de Internet de las Cosas (IoT) y Business Intelligence (BI). El diseño incluye:

- Rediseño del flujo de proceso bajo enfoque BPM*
- Definición de arquitectura tecnológica (sensores, base de datos, plataforma BI)*

- *Identificación de variables críticas a monitorear (dosificación, temperatura, tiempo)*
- *Propuesta de digitalización del registro de datos*

El modelo TO-BE busca transformar un proceso manual y reactivo en un sistema automatizado, controlado y basado en datos.

d. Fase 4: Diseño del sistema de medición y evaluación

La última fase consiste en la definición de indicadores clave de desempeño (KPIs) que permitan evaluar la efectividad del modelo propuesto. Entre los principales indicadores se incluyen:

- *Consumo de fungicidas por unidad de producción*
- *Tiempo de ciclo del proceso*
- *Nivel de trazabilidad*
- *Reducción de desperdicios*

Asimismo, se diseña conceptualmente un dashboard en Power BI para la visualización en tiempo real de estos indicadores, facilitando la toma de decisiones.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La investigación utiliza una estrategia de triangulación metodológica, combinando técnicas cualitativas y cuantitativas para garantizar la validez y confiabilidad de los resultados (Denzin, 2012).

a. Técnicas cualitativas

- *Observación no participante*
- *Entrevistas semi-estructuradas*
- *Análisis de procesos mediante BPMN*

b. Técnicas cuantitativas

- *Análisis de datos secundarios (FAOSTAT)*
- *Procesamiento estadístico en RStudio*
- *Visualización de datos*

Esta combinación permite obtener una visión integral del fenómeno, articulando la experiencia operativa con evidencia empírica.

3.6. Estrategia de análisis de datos

El análisis de datos se realiza mediante un enfoque integrador, en el cual los resultados cuantitativos se utilizan para contextualizar y validar los hallazgos cualitativos.

En la fase cualitativa, se emplea un análisis temático orientado a identificar patrones recurrentes en las entrevistas y observaciones, tales como problemas de control, variabilidad operativa y falta de información en tiempo real.

En la fase cuantitativa, se utilizan técnicas de análisis exploratorio de datos (EDA), incluyendo:

- Series temporales*
- Gráficos comparativos*
- Análisis de tendencias*

La integración de ambos enfoques permite construir una interpretación robusta del problema, fundamentando el diseño de la solución propuesta.

3.7. Consideraciones de validez, confiabilidad y rigor científico

Para garantizar el rigor metodológico, se adoptan criterios de calidad propios de la investigación en métodos mixtos:

- Validez interna: mediante la triangulación de fuentes y técnicas*
- Validez externa: a través de la generalización analítica del estudio de caso*
- Confiabilidad: asegurada mediante la documentación detallada del proceso metodológico*
- Rigor interpretativo: mediante la integración de evidencia empírica y fundamentos teóricos*

Asimismo, se busca garantizar la reproducibilidad del análisis cuantitativo, mediante el uso de herramientas como RStudio, que permiten documentar y replicar los procedimientos de análisis.

4. DIAGNÓSTICO DEL PROCESO ACTUAL (AS-IS)

4.1. Caracterización sistémica del proceso de fumigación postcosecha

El proceso de fumigación postcosecha en la industria bananera constituye un eslabón crítico dentro de la cadena de valor agroexportadora, dado su impacto directo en la calidad fitosanitaria del producto, la vida útil durante el transporte y el cumplimiento de estándares internacionales.

Sin embargo, lejos de operar como un sistema optimizado, este proceso suele configurarse como una estructura altamente dependiente de la intervención humana, con bajos niveles de estandarización y una limitada integración tecnológica.

Desde la perspectiva de la Gestión de Procesos de Negocio (BPM), el proceso actual puede ser caracterizado como un sistema funcionalmente fragmentado, en el cual las actividades se ejecutan de manera secuencial, pero sin mecanismos efectivos de retroalimentación ni control en tiempo real (Dumas et al., 2018).

Esta fragmentación se traduce en una débil articulación entre las etapas del proceso, lo que incrementa la probabilidad de errores acumulativos y pérdidas operativas. Ciertamente, el flujo de trabajo incluye múltiples etapas desde la calibración inicial hasta el control de calidad en puerto que dependen de registros manuales y criterios subjetivos de los operarios.

Este tipo de configuración responde a modelos tradicionales de producción que, si bien fueron funcionales en contextos de menor escala, resultan ineficientes frente al crecimiento exponencial del volumen productivo.

4.2. Análisis del flujo de proceso: de la secuencialidad operativa a la ineficiencia sistémica

El análisis del flujo AS-IS permite identificar que el proceso no solo presenta ineficiencias puntuales, sino que estas emergen como consecuencia de un diseño estructural subóptimo. En términos de teoría de procesos, se observa un sistema caracterizado por:

- Alta dependencia de tareas manuales*
- Ausencia de automatización en puntos críticos*
- Falta de estandarización en la ejecución*
- Carencia de integración de datos*

Estas características configuran lo que Hammer (2015) denomina “procesos heredados”, es decir, estructuras operativas que no han evolucionado al ritmo de las demandas del entorno.

Uno de los principales problemas identificados es la discontinuidad informacional a lo largo del proceso. Cada etapa genera datos que no son capturados ni integrados en un sistema centralizado, lo que impide la trazabilidad y limita la capacidad de análisis.

Desde la perspectiva de la teoría de sistemas, esta ausencia de retroalimentación convierte al proceso en un sistema abierto no controlado, susceptible a variaciones no deseadas (Sterman, 2000).

4.3. Identificación de ineficiencias críticas: análisis de los “puntos de dolor”

A partir del diagnóstico realizado en la tesis, se identifican tres categorías principales de ineficiencias, las cuales se analizan a continuación desde una perspectiva teórica y aplicada.

4.3.1. Uso ineficiente de fungicidas: variabilidad y desperdicio operativo

Uno de los problemas más significativos del proceso actual es la imprecisión en la dosificación de fungicidas, derivada de la ausencia de sistemas automatizados de control. Esta situación genera una alta variabilidad en la aplicación de insumos, lo que se traduce en desperdicio y aumento de costos operativos.

Desde el enfoque de la teoría de control de procesos, la falta de medición en tiempo real impide la implementación de mecanismos de control feedback, lo que conduce a desviaciones sistemáticas en las variables críticas (Montgomery, 2013).

En este contexto, la dosificación se convierte en una variable no controlada, dependiente de la experiencia del operario y de condiciones subjetivas.

Además, este problema tiene implicaciones ambientales relevantes. El uso excesivo de agroquímicos no solo incrementa los costos, sino que también contribuye a la contaminación del suelo y del agua, lo que contraviene los principios de sostenibilidad agrícola (Tilman et al., 2011).

4.3.2. Ausencia de trazabilidad: limitaciones en la gestión de calidad

La falta de trazabilidad constituye otra de las principales debilidades del proceso AS-IS. Tal como se describe en la tesis, los registros se realizan de manera manual y no están integrados en un sistema digital, lo que dificulta el seguimiento de los lotes a lo largo de la cadena de producción.

Desde la perspectiva de la gestión de la calidad, esta situación representa un riesgo significativo, ya que impide identificar el origen de posibles fallas y limita la capacidad de implementar acciones correctivas (Juran & Godfrey, 1999).

Asimismo, la ausencia de trazabilidad compromete el cumplimiento de estándares internacionales, como GlobalG.A.P., que exigen registros detallados y verificables de los procesos productivos.

A nivel estratégico, la trazabilidad no solo es un requisito normativo, sino un elemento diferenciador en mercados internacionales, donde los consumidores valoran cada vez más la transparencia en la producción de alimentos (Bosona & Gebresenbet, 2013).

4.3.3. Cuellos de botella y demoras en la cadena de empaque

El proceso de fumigación también presenta problemas relacionados con la generación de cuellos de botella, especialmente en las etapas de tratamiento y registro. Estas demoras afectan la eficiencia de la cadena de empaque y pueden comprometer la frescura del producto final.

Desde la teoría de restricciones (TOC), los cuellos de botella representan puntos críticos que limitan la capacidad del sistema y determinan su rendimiento global (Goldratt & Cox, 2004). En este caso, la falta de sincronización entre las etapas del proceso genera acumulación de producto en determinadas fases, incrementando los tiempos de ciclo.

Asimismo, la ausencia de información en tiempo real impide una gestión dinámica del flujo de trabajo, lo que agrava las ineficiencias y reduce la capacidad de respuesta ante variaciones en la demanda o en las condiciones operativas.

4.4. Impacto de las ineficiencias en la competitividad del sistema productivo

Las ineficiencias identificadas no solo afectan el desempeño operativo del proceso, sino que tienen implicaciones directas en la competitividad de la organización. En un contexto de creciente presión sobre los márgenes de ganancia como se evidencia en el fenómeno de la “presión de la tijera” descrito en la tesis, la optimización de procesos se convierte en un factor crítico para la sostenibilidad económica.

Desde la perspectiva de la cadena de valor (Porter, 1985), las ineficiencias en procesos clave como la fumigación generan costos adicionales que reducen la rentabilidad y limitan la capacidad de inversión en innovación.

Asimismo, afectan la calidad del producto y la confiabilidad del sistema, lo que puede traducirse en la pérdida de mercados internacionales.

Por otro lado, la falta de integración tecnológica limita la capacidad de la organización para adoptar modelos de producción basados en datos, lo que representa una desventaja competitiva frente a empresas que ya han incorporado soluciones de Agricultura 4.0.

4.5. Síntesis diagnóstica: hacia la necesidad de un rediseño estructural

*El análisis del proceso AS-IS permite concluir que las ineficiencias observadas no son el resultado de fallas aisladas, sino de un **modelo operativo estructuralmente limitado**, caracterizado por:*

- Dependencia de procesos manuales*
- Ausencia de control en tiempo real*
- Falta de integración de datos*
- Baja capacidad de trazabilidad*
- Limitada adaptabilidad del sistema*

Desde una perspectiva teórica, este tipo de sistema corresponde a lo que la literatura denomina un proceso de baja madurez digital, en el cual la organización aún no ha incorporado tecnologías que permitan optimizar su desempeño (Westerman et al., 2014).

En este contexto, la solución no puede limitarse a mejoras incrementales, sino que requiere un rediseño integral del proceso (TO-BE), basado en la integración de tecnologías digitales y en un enfoque de gestión por procesos.

5. PROPUESTA DEL MODELO OPTIMIZADO (TO-BE)

5.1. Fundamentación del rediseño: de procesos reactivos a sistemas inteligentes

El rediseño del proceso de fumigación postcosecha responde a la necesidad de transformar un sistema operativo tradicional, caracterizado por la manualidad y la falta de control, en un sistema inteligente, automatizado y orientado a datos.

Este cambio no se limita a la incorporación de tecnología, sino que implica una reconfiguración estructural del proceso bajo los principios de la Gestión de Procesos de Negocio (BPM), la Agricultura 4.0 y la toma de decisiones basada en datos.

Desde la perspectiva de Hammer (2015), la reingeniería de procesos debe enfocarse en repensar radicalmente las operaciones para lograr mejoras significativas en costos, calidad y tiempo.

En este sentido, el modelo TO-BE propuesto no plantea ajustes incrementales, sino una transformación integral que permita eliminar las causas estructurales de las ineficiencias identificadas en el diagnóstico AS-IS.

El objetivo central del modelo es evolucionar hacia un sistema capaz de:

- Capturar datos en tiempo real*
- Automatizar la toma de decisiones operativas*
- Integrar información a lo largo de toda la cadena de valor*
- Reducir la variabilidad y el desperdicio*

5.2. Arquitectura conceptual del sistema IoT–BI

El modelo propuesto se estructura sobre una arquitectura tecnológica integrada que combina dispositivos IoT, sistemas de almacenamiento de datos y herramientas de Business Intelligence. Esta arquitectura se organiza en cuatro capas principales:

5.2.1. Capa de captura de datos (sensores IoT)

En esta capa se incorporan sensores estratégicamente ubicados en el área de fumigación, encargados de monitorear variables críticas del proceso, tales como:

- Dosificación de fungicidas*
- Temperatura del agua*
- Tiempo de exposición*
- Flujo de aplicación*

Estos dispositivos permiten la captura continua de datos, eliminando la dependencia de registros manuales. Según Elijah et al. (2018), la implementación de sensores IoT en procesos agrícolas permite mejorar significativamente la precisión en la aplicación de insumos.

5.2.2. Capa de comunicación y transmisión de datos

Los datos generados por los sensores son transmitidos en tiempo real mediante protocolos de comunicación (Wi-Fi, LoRa o redes industriales), hacia un sistema centralizado. Esta capa garantiza la conectividad entre los dispositivos y la plataforma de análisis.

Desde el enfoque de sistemas ciberfísicos, esta interconexión permite integrar el mundo físico (proceso de fumigación) con el mundo digital (sistema de análisis), habilitando la toma de decisiones automatizada (Lee et al., 2015).

5.2.3. Capa de almacenamiento y procesamiento de datos

En esta capa se implementa una base de datos centralizada donde se almacenan los datos capturados. El procesamiento puede realizarse mediante herramientas de análisis de datos que permitan:

- *Limpieza y estructuración de datos*
- *Integración de diferentes fuentes*
- *Generación de indicadores*

Este componente constituye el núcleo del sistema, ya que permite transformar datos crudos en información estructurada.

5.2.4. Capa de visualización y toma de decisiones (Business Intelligence)

Finalmente, los datos procesados son visualizados mediante dashboards interactivos desarrollados en plataformas de BI, como Power BI. Estos dashboards permiten:

- *Monitorear KPIs en tiempo real*
- *Detectar desviaciones del proceso*
- *Tomar decisiones informadas*

De acuerdo con Few (2013), la visualización efectiva de datos es clave para facilitar la comprensión y la acción por parte de los usuarios.

5.3. Rediseño del proceso de fumigación (TO-BE)

El modelo TO-BE redefine el flujo de proceso bajo un enfoque integrado y automatizado. A diferencia del modelo AS-IS, el nuevo diseño incorpora puntos de control digitales y mecanismos de retroalimentación continua.

5.3.1. Principales transformaciones del proceso:

a. Automatización de la dosificación

La aplicación de fungicidas se regula automáticamente en función de parámetros predefinidos, reduciendo la variabilidad.

b. Registro digital automático

Cada lote procesado genera un registro digital asociado, que incluye todas las variables críticas del proceso.

c. Monitoreo en tiempo real

Supervisores y gerentes pueden visualizar el estado del proceso en tiempo real mediante dashboards.

d. Integración de datos en la cadena de valor

La información generada se integra con otras etapas del proceso, facilitando la trazabilidad.

e. Retroalimentación operativa inmediata

El sistema permite detectar desviaciones y activar alertas para corregirlas de manera oportuna.

Desde la teoría de sistemas, este rediseño transforma el proceso en un sistema cerrado con retroalimentación, capaz de autorregularse y adaptarse a condiciones cambiantes (Sterman, 2000).

5.4. Definición de variables críticas y KPIs

El modelo TO-BE incorpora un sistema de medición basado en indicadores clave de desempeño (KPIs), que permiten evaluar la eficiencia y efectividad del proceso.

a. KPIs propuestos:

- Consumo de fungicidas por unidad de producción
- Tiempo de ciclo del proceso
- Nivel de trazabilidad (%)
- Índice de desperdicio de insumos
- Nivel de cumplimiento de parámetros operativos

Estos indicadores permiten establecer un sistema de control basado en datos, alineado con los principios de mejora continua.

5.5. Impacto esperado del modelo TO-BE

La implementación del modelo propuesto tiene el potencial de generar impactos significativos en tres dimensiones principales:

5.5.1. Impacto operativo

- Reducción de la variabilidad del proceso
- Disminución de tiempos de ciclo
- Eliminación de cuellos de botella

5.5.2. Impacto económico

- Reducción del consumo de insumos (hasta 15–20%)
- Disminución de costos operativos
- Mejora de la rentabilidad

5.5.3. Impacto ambiental y sostenible

- Reducción del uso de agroquímicos

- *Disminución del impacto ambiental*
- *Cumplimiento de estándares internacionales*

Estos beneficios se alinean con los principios de sostenibilidad y competitividad en la agroindustria moderna.

5.6. Modelo conceptual replicable para la agroindustria

Uno de los aportes más relevantes de esta propuesta es su carácter replicable. Aunque el modelo se desarrolla en el contexto de la industria bananera, sus principios pueden ser aplicados a otros sistemas agroindustriales que presenten características similares, tales como:

- *Procesos manuales con alta variabilidad*
- *Falta de trazabilidad*
- *Uso intensivo de insumos*

Desde una perspectiva teórica, el modelo puede ser entendido como una arquitectura de transformación digital basada en procesos, que integra:

- *BPM (diseño y optimización de procesos)*
- *IoT (captura de datos en tiempo real)*
- *BI (análisis y toma de decisiones)*

Esta integración constituye un marco conceptual que puede ser adaptado a diferentes contextos, contribuyendo al desarrollo de la Agricultura 4.0.

5.7. Síntesis del modelo TO-BE

El modelo propuesto representa una evolución desde un sistema operativo tradicional hacia un sistema inteligente, integrado y orientado a datos, caracterizado por:

- *Automatización de procesos críticos*
- *Monitoreo en tiempo real*
- *Integración de información*
- *Toma de decisiones basada en datos*

En este sentido, la propuesta no solo resuelve problemas operativos específicos, sino que establece las bases para una transformación digital sostenible en la industria bananera.

6. DISCUSIÓN

El análisis del proceso de fumigación postcosecha y la propuesta de rediseño basada en la integración de tecnologías IoT y Business Intelligence permiten situar los hallazgos de este estudio dentro de las tendencias contemporáneas de transformación digital en la agricultura.

En este sentido, los resultados obtenidos no solo confirman problemáticas previamente identificadas en la literatura, sino que también aportan una aproximación aplicada y contextualizada que amplía la comprensión de estos fenómenos en entornos agroindustriales latinoamericanos.

En primer lugar, los hallazgos relacionados con la ineficiencia sistémica del proceso AS-IS coinciden con lo planteado por Dumas et al. (2018), quienes sostienen que las organizaciones que carecen de una gestión basada en procesos tienden a presentar fragmentación operativa, redundancias y baja capacidad de control.

En el caso analizado, la dependencia de registros manuales, la ausencia de integración de datos y la falta de mecanismos de retroalimentación evidencian un bajo nivel de madurez en la gestión de procesos, lo cual limita la capacidad de optimización y adaptación del sistema.

Asimismo, la identificación de problemas como la variabilidad en la dosificación de fungicidas y la falta de trazabilidad se alinea con los resultados reportados por Kamilaris y Prenafeta-Boldú (2018), quienes destacan que los sistemas agrícolas tradicionales presentan altos niveles de incertidumbre debido a la ausencia de datos en tiempo real.

Esta falta de información impide la implementación de modelos predictivos y de control, lo que conduce a decisiones basadas en la intuición más que en evidencia.

En este contexto, la propuesta de integración de IoT en el proceso de fumigación encuentra respaldo en múltiples estudios que evidencian el impacto positivo de estas tecnologías en la eficiencia agrícola.

Elijah et al. (2018) reportan reducciones significativas en el uso de pesticidas mediante la aplicación de sensores inteligentes, lo cual coincide con los resultados esperados del modelo TO-BE propuesto en este estudio, donde se proyecta una disminución del consumo de fungicidas de hasta un 15–20%. Esta convergencia entre evidencia empírica y literatura refuerza la validez de la propuesta.

Por otro lado, la incorporación de Business Intelligence como herramienta de análisis y visualización de datos responde a la necesidad de transformar la información generada por los sistemas IoT en conocimiento accionable. En este sentido, los resultados se alinean con los planteamientos de Turban et al. (2011), quienes destacan que el valor del BI radica en su capacidad para apoyar la toma de decisiones estratégicas.

Asimismo, Brynjolfsson y Hitt (2003) evidencian que las organizaciones que adoptan modelos de toma de decisiones basados en datos presentan mejoras significativas en productividad, lo que sugiere que la implementación del modelo propuesto podría generar beneficios más allá del proceso específico analizado.

Desde una perspectiva más amplia, los hallazgos de este estudio también contribuyen al debate sobre la adopción de tecnologías digitales en la agricultura latinoamericana. Tal como señalan Rotz et al. (2019), la digitalización en este sector enfrenta barreras relacionadas con la infraestructura, la capacitación y la cultura organizacional.

En este sentido, el modelo propuesto no solo aborda aspectos tecnológicos, sino que también considera la necesidad de rediseñar los procesos y gestionar el cambio organizacional, lo cual constituye un aporte relevante para la implementación efectiva de soluciones digitales.

En relación con la trazabilidad, los resultados obtenidos refuerzan la importancia de contar con sistemas integrados que permitan el seguimiento de los productos a lo largo de la cadena de valor.

Bosona y Gebresenbet (2013) destacan que la trazabilidad es un elemento clave para garantizar la calidad y la seguridad alimentaria, así como para cumplir con los requisitos de los mercados internacionales.

En este sentido, la digitalización del proceso de fumigación mediante IoT y BI representa una solución viable para mejorar la transparencia y confiabilidad del sistema.

Por otra parte, la discusión de los resultados también debe considerar las implicaciones en términos de sostenibilidad ambiental. La optimización en el uso de fungicidas no solo reduce costos, sino que también contribuye a minimizar el impacto ambiental de la producción agrícola.

Este hallazgo es consistente con lo planteado por Tilman et al. (2011), quienes abogan por una intensificación sostenible de la agricultura que permita aumentar la productividad sin comprometer los recursos naturales.

No obstante, es importante reconocer que la implementación del modelo propuesto puede enfrentar desafíos significativos.

Entre ellos, se destacan la inversión inicial requerida para la adquisición de tecnología, la necesidad de capacitación del personal y la posible resistencia al cambio.

Estos factores han sido identificados en la literatura como barreras comunes en procesos de transformación digital (Westerman et al., 2014), lo que sugiere que la implementación exitosa del modelo dependerá no solo de su diseño técnico, sino también de una adecuada gestión del cambio organizacional.

Desde el punto de vista teórico, este estudio contribuye a la integración de tres enfoques que, aunque ampliamente desarrollados de manera independiente, han sido poco articulados en el contexto agroindustrial: la gestión de procesos (BPM), el Internet de las Cosas (IoT) y la Inteligencia de Negocios (BI).

La propuesta de un modelo integrado que combine estos elementos constituye un aporte relevante para el desarrollo de marcos conceptuales en la Agricultura 4.0.

Finalmente, la discusión permite establecer que la optimización de procesos agrícolas mediante tecnologías digitales no debe ser entendida como un fin en sí mismo, sino como un medio para mejorar la eficiencia, la sostenibilidad y la competitividad del sistema productivo.

En este sentido, el modelo propuesto no solo responde a una problemática específica, sino que ofrece una base conceptual y metodológica para la transformación digital de la agroindustria en contextos similares.

7. CONCLUSIONES

El presente capítulo ha abordado de manera integral la problemática asociada al proceso de fumigación postcosecha en la industria bananera, evidenciando cómo las ineficiencias operativas, la falta de trazabilidad y la limitada integración tecnológica constituyen barreras significativas para la competitividad y sostenibilidad del sistema productivo.

A partir de un enfoque basado en la gestión de procesos y la transformación digital, se ha desarrollado una propuesta de optimización que integra tecnologías de Internet de las Cosas (IoT) y Business Intelligence (BI), configurando un modelo orientado a la toma de decisiones basada en datos.

Desde una perspectiva analítica, los resultados del diagnóstico permiten concluir que las deficiencias observadas no responden a fallas aisladas, sino a una estructura operativa caracterizada por un bajo nivel de madurez digital y una débil articulación entre las etapas del proceso.

La dependencia de registros manuales, la ausencia de mecanismos de control en tiempo real y la falta de integración de información generan un entorno propenso a la variabilidad, el desperdicio de insumos y la pérdida de eficiencia operativa.

Este hallazgo refuerza la necesidad de adoptar enfoques sistémicos para la optimización de procesos, en línea con los principios de la Gestión de Procesos de Negocio (BPM).

En este contexto, la propuesta del modelo TO-BE representa un aporte significativo al campo de la transformación digital en la agroindustria, al demostrar que la integración de tecnologías emergentes puede generar mejoras sustanciales en el desempeño operativo.

La incorporación de sensores IoT permite capturar datos en tiempo real sobre variables críticas del proceso, reduciendo la incertidumbre y facilitando el control preciso de la dosificación de fungicidas. Por su parte, el uso de herramientas de Business Intelligence posibilita la transformación de estos datos en información estratégica, apoyando la toma de decisiones informadas y oportunas.

Uno de los principales aportes prácticos del estudio radica en la demostración del potencial de estas tecnologías para reducir el consumo de insumos, optimizar los tiempos de ciclo y mejorar la trazabilidad del proceso.

Estas mejoras no solo tienen implicaciones económicas, al disminuir los costos operativos, sino también ambientales, al contribuir a una gestión más eficiente y sostenible de los recursos.

En este sentido, el modelo propuesto se alinea con las tendencias globales de intensificación sostenible de la agricultura, que buscan equilibrar la productividad con la conservación de los recursos naturales.

Desde el punto de vista teórico, el capítulo contribuye a la integración de tres enfoques clave BPM, IoT y BI en un marco conceptual unificado aplicable al contexto agroindustrial. Esta integración permite avanzar en la comprensión de cómo la digitalización puede ser utilizada no solo como herramienta tecnológica, sino como un catalizador de transformación organizacional.

Asimismo, el estudio aporta evidencia sobre la relevancia de adoptar enfoques interdisciplinarios para abordar problemáticas complejas en la agricultura contemporánea.

Otro aporte relevante es el carácter replicable del modelo propuesto. Aunque el estudio se centra en la industria bananera, los principios y la arquitectura conceptual desarrollados pueden ser adaptados a otros contextos agroindustriales que enfrenten desafíos similares, tales como la falta de trazabilidad, la variabilidad en la aplicación de insumos y la dependencia de procesos manuales.

Esta capacidad de transferencia amplía el alcance del estudio y refuerza su valor como contribución al conocimiento aplicado.

No obstante, es importante reconocer las limitaciones del estudio. En primer lugar, la investigación se basa en un estudio de caso, lo que, si bien permite un análisis profundo del contexto, puede limitar la generalización estadística de los resultados.

En segundo lugar, la propuesta del modelo TO-BE no incluye una implementación completa, por lo que los impactos estimados se basan en proyecciones y en evidencia reportada en la literatura. Asimismo, factores como la inversión inicial, la capacitación del personal y la gestión del cambio organizacional pueden influir en la viabilidad de la implementación.

En función de estas limitaciones, se identifican diversas líneas futuras de investigación. En primer lugar, resulta pertinente desarrollar estudios empíricos que evalúen la implementación del modelo en contextos reales, analizando su impacto en indicadores de desempeño a mediano y largo plazo.

En segundo lugar, se recomienda explorar la integración de tecnologías adicionales, como inteligencia artificial y aprendizaje automático, que permitan avanzar hacia modelos predictivos y prescriptivos en la gestión de procesos agrícolas.

Asimismo, sería relevante analizar el impacto de la digitalización en aspectos sociales y organizacionales, como la adopción tecnológica por parte de los trabajadores y los cambios en la cultura organizacional.

Finalmente, se concluye que la transformación digital de la agroindustria no constituye una opción, sino una necesidad estratégica en un entorno global caracterizado por la competencia, la incertidumbre y la creciente demanda de sostenibilidad.

La optimización de procesos mediante la integración de tecnologías digitales representa una oportunidad para mejorar la eficiencia, la calidad y la resiliencia de los sistemas productivos, contribuyendo al desarrollo sostenible del sector agrícola.

**CAPÍTULO 3: DIGITALIZACIÓN Y VISUALIZACIÓN
INTELIGENTE DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE
SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO (SST) EN
LA EMPRESA ECUABULK S.A.**

*Joseline Pamela Peralta Molina
Wellington Leonel Bazurto Mendoza*



1. INTRODUCCIÓN

En el contexto de la transformación digital contemporánea, las organizaciones enfrentan un incremento exponencial en la generación, procesamiento y análisis de datos, lo que ha redefinido los modelos tradicionales de gestión empresarial.

La denominada Cuarta Revolución Industrial, caracterizada por la integración de tecnologías digitales, inteligencia artificial, analítica avanzada y automatización, ha impulsado la necesidad de adoptar enfoques basados en datos para la toma de decisiones estratégicas (Schwab, 2016; Brynjolfsson & McAfee, 2014).

En este escenario, la capacidad de transformar datos en información útil y conocimiento accionable se ha convertido en un factor crítico de competitividad organizacional.

Dentro de este marco, la inteligencia de negocios (Business Intelligence, BI) emerge como un conjunto de herramientas, procesos y metodologías orientadas a la recopilación, integración, análisis y visualización de datos con el propósito de apoyar la toma de decisiones (Sharda, Delen, & Turban, 2018).

La evolución de estas tecnologías ha permitido a las organizaciones migrar desde modelos reactivos hacia enfoques predictivos y prescriptivos, fortaleciendo su capacidad para anticipar riesgos, optimizar recursos y mejorar su desempeño operativo (Davenport & Harris, 2017).

En particular, el uso de dashboards interactivos y sistemas de monitoreo en tiempo real ha demostrado ser fundamental para la gestión eficiente de indicadores clave de desempeño (KPI), facilitando la identificación de patrones, tendencias y anomalías en entornos complejos (Few, 2013).

En el ámbito de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SST), estos avances adquieren una relevancia crítica. Tradicionalmente, la gestión de la seguridad laboral ha estado marcada por enfoques reactivos, centrados en la respuesta a incidentes una vez ocurridos, lo que limita la capacidad de prevención y aumenta la exposición al riesgo organizacional (Reason, 1997).

Sin embargo, las tendencias actuales promueven la adopción de modelos preventivos y proactivos, sustentados en el análisis de datos y la gestión integral de riesgos, en concordancia con estándares internacionales como la norma ISO 45001:2018, que enfatiza la mejora continua y la toma de decisiones basada en evidencia (International Organization for Standardization [ISO], 2018).

En este sentido, la digitalización de los sistemas de gestión de SST representa una evolución necesaria para garantizar entornos laborales seguros, eficientes y sostenibles.

Diversos estudios han evidenciado que la implementación de tecnologías digitales en la gestión de la seguridad permite mejorar la trazabilidad de la información, reducir errores humanos y fortalecer la capacidad de respuesta ante situaciones de riesgo (Badri, Boudreau-Trudel, & Souissi, 2018; Karanikas, Melis, & Kourousis, 2021).

Asimismo, la integración de herramientas de inteligencia de negocios en estos sistemas posibilita el monitoreo en tiempo real de indicadores proactivos, facilitando la identificación temprana de condiciones subestándar y la adopción de medidas correctivas oportunas.

No obstante, a pesar de estos avances, muchas organizaciones particularmente en sectores operativos como el logístico y portuario continúan gestionando sus procesos de seguridad mediante sistemas manuales o parcialmente digitalizados, lo que genera fragmentación de la información, duplicidad de registros y retrasos significativos en la toma de decisiones.

Esta problemática se evidencia claramente en el caso de la empresa Ecuabulk S.A., donde el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo presenta limitaciones estructurales derivadas del uso de formatos físicos y procesos administrativos manuales, lo que implica una alta carga operativa y un riesgo elevado de error humano.

De acuerdo con el diagnóstico inicial, actividades clave como inspecciones, permisos de trabajo y reportes de incidentes requieren procesos de doble digitación y consolidación manual de datos, consumiendo entre 10 y 15 horas-hombre semanales y generando una latencia en el análisis de información que puede alcanzar hasta 30 días.

Esta situación no solo afecta la eficiencia operativa, sino que también limita la capacidad de la organización para adoptar un enfoque preventivo en la gestión de riesgos, obligándola a actuar de manera reactiva frente a incidentes que podrían haberse anticipado.

La falta de integración de los datos y la ausencia de herramientas de análisis en tiempo real dificultan la identificación de patrones de riesgo, la evaluación del desempeño en seguridad y la toma de decisiones informadas a nivel gerencial.

En consecuencia, se genera una brecha significativa entre la ocurrencia de eventos y la implementación de acciones correctivas, lo que compromete la efectividad del sistema de gestión de SST.

Frente a este escenario, surge la necesidad de diseñar e implementar soluciones tecnológicas que permitan transformar los procesos tradicionales de gestión de la seguridad hacia modelos digitales, integrados y basados en datos.

La combinación de herramientas accesibles como formularios digitales, bases de datos en la nube y plataformas de visualización interactiva representa una alternativa viable y de bajo costo para organizaciones que buscan modernizar sus sistemas sin incurrir en grandes inversiones tecnológicas.

Este enfoque no solo optimiza la captura y procesamiento de la información, sino que también facilita la generación de conocimiento organizacional y fortalece la cultura de seguridad basada en evidencia.

En este contexto, el presente capítulo tiene como objetivo analizar el proceso de transformación digital del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo en la empresa Ecuabulk S.A., mediante el diseño e implementación de una solución de

inteligencia de negocios orientada a la automatización de la captura de datos, su integración en una base de datos centralizada y su visualización a través de dashboards interactivos.

A partir de un enfoque metodológico basado en la investigación-acción, se busca no solo describir la problemática existente, sino también proponer e implementar una solución que genere mejoras tangibles en la eficiencia operativa y en la capacidad de gestión preventiva de riesgos.

De manera específica, el capítulo explora cómo la digitalización de los procesos de SST puede contribuir a la reducción de tiempos de procesamiento de información, la eliminación de la duplicidad de registros, el fortalecimiento de la trazabilidad y la mejora en la toma de decisiones estratégicas.

Asimismo, se analiza el impacto de la implementación de indicadores proactivos y herramientas de visualización en tiempo real como mecanismos clave para la construcción de una cultura organizacional orientada a la prevención y la mejora continua.

Finalmente, este trabajo se inscribe dentro de la creciente línea de investigación que vincula la inteligencia de negocios con la gestión de la seguridad laboral, aportando evidencia empírica sobre la aplicabilidad de soluciones digitales en contextos operativos reales.

De esta manera, se contribuye al desarrollo de modelos integrados de gestión que articulan tecnología, procesos y personas, consolidando un enfoque holístico de la seguridad y salud en el trabajo en el marco de la transformación digital.

2. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

2.1. Gestión de procesos organizacionales (Business Process Management – BPM)

La gestión de procesos de negocio (Business Process Management, BPM) constituye un enfoque fundamental en la optimización organizacional contemporánea, al permitir la identificación, modelado, análisis y mejora continua de los procesos que generan valor dentro de una organización.

Según Dumas et al. (2018), BPM se define como un conjunto estructurado de métodos, técnicas y herramientas orientadas a diseñar, ejecutar, monitorear y optimizar procesos organizacionales, alineándolos con los objetivos estratégicos de la empresa.

Desde una perspectiva sistémica, las organizaciones pueden ser entendidas como redes interdependientes de procesos, en las cuales la eficiencia global depende de la articulación coherente entre actividades, recursos y flujos de información (Hammer, 2015).

En este sentido, la gestión por procesos trasciende la visión funcional tradicional, promoviendo un enfoque transversal que facilita la eliminación de silos organizacionales y la mejora de la coordinación interdepartamental.

Uno de los aportes más relevantes del BPM es la modelación de procesos mediante estándares como BPMN 2.0 (Business Process Model and Notation), que permite representar gráficamente las actividades, eventos y decisiones dentro de un flujo de trabajo (Object Management Group [OMG], 2011).

Esta herramienta no solo facilita la comprensión de los procesos por parte de los actores involucrados, sino que también permite identificar ineficiencias estructurales, como redundancias, cuellos de botella y actividades que no agregan valor.

En el contexto del presente estudio, la aplicación de BPM resulta crucial para evidenciar las limitaciones del sistema actual (AS-IS), caracterizado por la fragmentación de la información, la duplicidad de registros y la ausencia de integración entre los distintos procesos de SST.

Estas problemáticas reflejan una falta de madurez en la gestión por procesos, donde la información fluye de manera desarticulada, dificultando la toma de decisiones oportunas.

El rediseño de procesos (TO-BE), en este sentido, se fundamenta en principios de reingeniería organizacional, orientados a simplificar flujos de trabajo, eliminar actividades innecesarias y automatizar tareas repetitivas mediante el uso de tecnologías digitales (Hammer & Champy, 2003).

La literatura reciente enfatiza que la integración de BPM con tecnologías de información permite evolucionar hacia modelos de gestión inteligentes, en los cuales los procesos son monitoreados y optimizados en tiempo real (vom Brocke & Mendling, 2018).

Asimismo, la incorporación de enfoques centrados en el usuario, como el Design Thinking, complementa el BPM al introducir una dimensión humana en el rediseño de procesos.

Este enfoque promueve la empatía con los usuarios, la experimentación y la iteración como mecanismos para desarrollar soluciones innovadoras y adaptadas a las necesidades reales del contexto organizacional (Liedtka, 2018).

En sistemas de SST, donde la interacción humana es constante, esta integración resulta clave para garantizar la adopción efectiva de las soluciones propuestas.

2.2. Seguridad y salud en el trabajo y el enfoque basado en ISO 45001

La Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) ha evolucionado significativamente en las últimas décadas, pasando de enfoques reactivos centrados en la respuesta a accidentes hacia modelos proactivos orientados a la prevención y gestión integral de riesgos.

Esta evolución ha sido impulsada por la creciente complejidad de los entornos laborales y la necesidad de proteger el bienestar de los trabajadores como un elemento estratégico de la sostenibilidad organizacional (Grote, 2012).

La norma ISO 45001:2018 establece un estándar internacional para la implementación de sistemas de gestión de SST, basado en el ciclo de mejora continua Planificar-Hacer-Verificar-Actuar (PHVA).

Este enfoque promueve la identificación sistemática de peligros, la evaluación de riesgos y la implementación de controles preventivos, así como la participación activa de los trabajadores en la gestión de la seguridad (ISO, 2018).

Uno de los elementos clave de ISO 45001 es la toma de decisiones basada en evidencia, lo que implica la necesidad de contar con sistemas de información confiables, oportunos y trazables.

En este sentido, la digitalización de los procesos de SST se convierte en un habilitador fundamental para cumplir con los requisitos normativos y mejorar el desempeño en seguridad.

Desde el punto de vista teórico, el modelo de Reason (1997), conocido como el “modelo del queso suizo”, plantea que los accidentes no son eventos aislados, sino el resultado de múltiples fallas latentes en el sistema organizacional.

Este enfoque sistémico ha sido complementado por la teoría Safety-II (Hollnagel, 2014), que propone analizar no solo los errores, sino también las condiciones que permiten el funcionamiento exitoso de los sistemas.

En este contexto, la medición del desempeño en SST ha evolucionado hacia el uso de indicadores proactivos, los cuales permiten anticipar riesgos antes de que se materialicen en incidentes.

Según Sinelnikov et al. (2015), estos indicadores incluyen variables como el número de inspecciones realizadas, la identificación de condiciones inseguras y el nivel de cumplimiento de capacitaciones, proporcionando una visión más completa del estado de la seguridad organizacional.

Sin embargo, en la práctica, muchas organizaciones continúan dependiendo de indicadores reactivos y sistemas manuales de registro, lo que limita su capacidad de prevención.

En el caso de Ecuabulk S.A., la gestión fragmentada de la información y la latencia en el análisis de datos dificultan la implementación de un enfoque preventivo efectivo.

Esta situación evidencia la necesidad de integrar tecnologías digitales que permitan mejorar la trazabilidad, la disponibilidad de información y la capacidad de respuesta ante riesgos.

2.3. Inteligencia de negocios (Business Intelligence) aplicada a la gestión organizacional

La inteligencia de negocios (BI) se ha consolidado como una disciplina clave en la gestión organizacional, al proporcionar herramientas y metodologías para transformar grandes volúmenes de datos en información útil para la toma de decisiones.

Según Sharda et al. (2018), BI integra tecnologías de almacenamiento, procesamiento y visualización de datos que permiten analizar el desempeño organizacional desde múltiples perspectivas.

El desarrollo de BI ha estado estrechamente vinculado con el crecimiento del big data y la evolución de las tecnologías de la información.

Chen et al. (2012) destacan que la analítica de datos permite identificar patrones ocultos, predecir tendencias y generar ventajas competitivas en entornos altamente dinámicos.

En este sentido, las organizaciones que adoptan enfoques basados en datos logran mejorar la calidad de sus decisiones y optimizar sus procesos internos.

Uno de los componentes más relevantes de BI son los dashboards o tableros de control, los cuales permiten visualizar información clave de manera interactiva y en tiempo real. Few (2013) señala que la efectividad de estos sistemas radica en su capacidad para presentar datos complejos de forma clara y comprensible, facilitando la identificación de tendencias y la toma de decisiones rápidas.

En el ámbito de la SST, la aplicación de BI ha demostrado ser especialmente útil para el monitoreo de indicadores de desempeño, la identificación de riesgos y la evaluación de la efectividad de las medidas preventivas.

Estudios recientes evidencian que la implementación de sistemas de BI en la gestión de la seguridad laboral permite reducir la ocurrencia de incidentes, mejorar la asignación de recursos y fortalecer la cultura de seguridad organizacional (Badri et al., 2018; Karanikas et al., 2021).

En el caso analizado, la ausencia de herramientas de BI limita la capacidad de Ecuabulk S.A. para transformar los datos generados en sus procesos de SST en conocimiento accionable.

La dependencia de registros manuales y la falta de integración de la información dificultan la identificación de patrones de riesgo y la toma de decisiones informadas. La implementación de una solución de BI basada en formularios digitales, bases de datos centralizadas y dashboards interactivos representa, por tanto, una oportunidad estratégica para mejorar la gestión de la seguridad.

2.4. Transformación digital organizacional y toma de decisiones basada en datos

La transformación digital organizacional se refiere al proceso mediante el cual las empresas integran tecnologías digitales en sus operaciones, generando cambios profundos en su estructura, cultura y modelo de negocio (Vial, 2019).

Este proceso implica no solo la adopción de nuevas herramientas tecnológicas, sino también la redefinición de procesos, roles y competencias organizacionales.

Westerman et al. (2014) señalan que las organizaciones digitalmente maduras se caracterizan por su capacidad para integrar tecnologías en sus procesos clave, mejorar la experiencia del usuario y desarrollar modelos de negocio innovadores.

En este sentido, la transformación digital no debe ser entendida como un fin en sí mismo, sino como un medio para generar valor y mejorar el desempeño organizacional.

Uno de los pilares de la transformación digital es la toma de decisiones basada en datos (data-driven decision making), la cual permite reducir la incertidumbre y mejorar la precisión de las decisiones estratégicas (Davenport & Harris, 2017).

Este enfoque se basa en la integración de datos provenientes de múltiples fuentes, su análisis mediante herramientas avanzadas y su interpretación en función de los objetivos organizacionales.

En el ámbito de la SST, la transformación digital se traduce en la implementación de sistemas que permiten capturar, procesar y analizar información en tiempo real, facilitando la identificación de riesgos y la adopción de medidas preventivas.

Sin embargo, la literatura destaca que uno de los principales desafíos en este proceso es la resistencia al cambio organizacional y la falta de competencias digitales en el personal (Kane et al., 2015).

En este contexto, la digitalización del sistema de SST en Ecuabulk S.A. no solo implica la implementación de herramientas tecnológicas, sino también un cambio cultural orientado a la adopción de prácticas basadas en datos.

La transición desde un modelo reactivo hacia uno proactivo requiere el compromiso de la organización, la capacitación del personal y la implementación de estrategias de gestión del cambio que faciliten la adopción de nuevas tecnologías.

3. METODOLOGÍA

El presente estudio se enmarca en un enfoque metodológico mixto, orientado a integrar estrategias cualitativas y cuantitativas con el propósito de comprender, intervenir y evaluar de manera integral el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) en la empresa Ecuabulk S.A.

Este enfoque responde a la necesidad de abordar fenómenos organizacionales complejos que no pueden ser explicados exclusivamente desde una única perspectiva metodológica, permitiendo combinar la profundidad interpretativa del análisis cualitativo con la objetividad y medición del análisis cuantitativo (Creswell & Plano Clark, 2018).

Desde el punto de vista del diseño, la investigación adopta un modelo de Investigación-Acción, el cual se caracteriza por su orientación práctica, participativa y transformadora. Este enfoque busca no solo generar conocimiento teórico, sino también producir cambios concretos en el contexto estudiado mediante ciclos iterativos de diagnóstico, planificación, acción y evaluación (Kemmis, McTaggart, & Nixon, 2014; Stringer, 2014).

La elección de este diseño se justifica en la naturaleza aplicada del estudio, que tiene como objetivo principal la mejora de procesos organizacionales mediante la implementación de una solución tecnológica basada en inteligencia de negocios.

El proceso metodológico se desarrolló en cuatro fases principales, articuladas de manera secuencial y coherente con el ciclo de mejora continua.

En la primera fase, correspondiente al diagnóstico del estado actual (AS-IS), se realizó un levantamiento exhaustivo de información sobre los procesos operativos y administrativos del Departamento de Seguridad Integral.

Este diagnóstico incluyó la observación directa de actividades, entrevistas semiestructuradas con el personal involucrado y el análisis documental de registros existentes.

El objetivo de esta fase fue identificar las ineficiencias, los puntos críticos y las oportunidades de mejora en la gestión de la información, evidenciando problemáticas como la doble digitación de datos, la fragmentación de registros y los retrasos en la consolidación de información.

Para la modelación de los procesos actuales, se empleó la notación BPMN 2.0, reconocida internacionalmente como un estándar para la representación gráfica de procesos de negocio (Dumas et al., 2018).

Esta herramienta permitió visualizar de manera estructurada los flujos de trabajo, los actores involucrados y los puntos de interacción, facilitando la identificación de cuellos de botella y actividades redundantes.

Asimismo, se aplicaron principios de Design Thinking para identificar los denominados “puntos de dolor” (pain points), priorizando aquellos que impactaban significativamente en la eficiencia operativa y en la calidad de la información.

La segunda fase correspondió al diseño de la solución (TO-BE), en la cual se definió la arquitectura tecnológica y el rediseño de los procesos.

En esta etapa se adoptó un enfoque centrado en el usuario, buscando desarrollar herramientas digitales que fueran intuitivas, accesibles y alineadas con las necesidades del personal operativo.

La solución se estructuró en torno a tres componentes principales: formularios digitales para la captura de datos en campo, una base de datos centralizada para la consolidación automática de la información y dashboards interactivos para su visualización en tiempo real.

Este diseño responde a los principios de la inteligencia de negocios, orientados a transformar datos en información útil para la toma de decisiones (Sharda et al., 2018).

En la tercera fase, correspondiente a la implementación piloto, se desarrolló un prototipo funcional de la solución propuesta, el cual fue probado con un grupo de usuarios clave del Departamento de Seguridad Integral.

Esta fase tuvo como objetivo validar la funcionalidad, usabilidad y pertinencia de la herramienta en un entorno real, permitiendo identificar ajustes necesarios antes de su implementación a gran escala.

La validación se realizó mediante la recolección de retroalimentación cualitativa de los usuarios, así como el análisis de indicadores cuantitativos relacionados con el tiempo de registro, la calidad de los datos y la eficiencia del proceso.

Finalmente, la cuarta fase consistió en la evaluación del impacto de la solución implementada, utilizando indicadores clave de desempeño (KPI) definidos en función de los objetivos del estudio.

Estos indicadores incluyeron, entre otros, la reducción del tiempo de procesamiento de información, la disminución de errores en el registro de datos, el aumento en la disponibilidad de información en tiempo real y la mejora en la capacidad de respuesta ante riesgos.

La comparación entre los indicadores del estado AS-IS y del modelo TO-BE permitió evidenciar mejoras significativas en la eficiencia operativa y en la gestión preventiva de la seguridad.

En términos de técnicas e instrumentos de recolección de datos, el estudio empleó una combinación de métodos cualitativos y cuantitativos.

Entre las técnicas cualitativas se destacan las entrevistas semiestructuradas, la observación participante y el análisis documental, las cuales permitieron comprender en profundidad las dinámicas organizacionales y las percepciones del personal.

Por su parte, las técnicas cuantitativas incluyeron el registro de tiempos de proceso, el análisis de frecuencia de eventos y la medición de indicadores de desempeño, lo que permitió evaluar de manera objetiva el impacto de la intervención.

En relación con la validez y confiabilidad del estudio, se adoptaron diversas estrategias metodológicas. La triangulación de datos, al combinar múltiples fuentes de información y técnicas de recolección, permitió aumentar la credibilidad de los resultados (Denzin, 2012).

Asimismo, la validación por parte de los usuarios finales garantizó la pertinencia y aplicabilidad de la solución desarrollada. En el ámbito cuantitativo, la consistencia de los indicadores y la repetibilidad de las mediciones contribuyeron a asegurar la confiabilidad de los resultados obtenidos.

Desde una perspectiva ética, el estudio respetó los principios de confidencialidad, consentimiento informado y uso responsable de la información.

Los datos recopilados fueron utilizados exclusivamente con fines académicos y de mejora organizacional, garantizando la protección de la identidad de los participantes y la seguridad de la información sensible.

Ciertamente, la metodología adoptada permitió no solo diagnosticar de manera rigurosa las problemáticas existentes en la gestión de SST, sino también diseñar, implementar y evaluar una solución innovadora basada en inteligencia de negocios.

La integración del enfoque mixto con el diseño de Investigación-Acción proporcionó un marco metodológico robusto que combina rigor científico con aplicabilidad práctica, contribuyendo al desarrollo de soluciones efectivas en contextos organizacionales reales.

4. DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA ACTUAL (AS-IS): ANÁLISIS CRÍTICO E INTERPRETATIVO

El análisis del estado actual (AS-IS) del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) en la empresa Ecuabulk S.A. revela una estructura operativa caracterizada por la fragmentación de la información, la dependencia de procesos manuales y una limitada capacidad de análisis en tiempo real.

Esta situación configura un escenario organizacional que restringe la eficiencia operativa y compromete la capacidad preventiva del sistema de seguridad, consolidando un modelo de gestión predominantemente reactivo.

Desde una perspectiva de gestión de procesos, el sistema actual evidencia un bajo nivel de madurez organizacional, en el cual los flujos de información no están integrados ni estandarizados.

La información generada en actividades críticas —como inspecciones, permisos de trabajo, reportes de incidentes y evaluaciones de riesgos— se registra en formatos físicos o archivos digitales dispersos, lo que obliga a realizar procesos de doble digitación para su posterior consolidación en herramientas como hojas de cálculo o documentos de texto.

Este fenómeno no solo incrementa la carga operativa, sino que introduce un riesgo significativo de error humano, afectando la calidad y confiabilidad de los datos.

La literatura sobre BPM señala que la duplicidad de tareas y la falta de integración de sistemas son indicadores claros de ineficiencia estructural en los procesos organizacionales (Dumas et al., 2018).

En este caso, la ausencia de un sistema centralizado de gestión de datos impide la trazabilidad de la información y dificulta la coordinación entre los distintos actores involucrados en la gestión de SST.

Esta situación se agrava en contextos operativos complejos, como el sector logístico-portuario, donde la rapidez y precisión en la toma de decisiones son factores críticos.

En términos de eficiencia operativa, el sistema actual presenta un uso ineficiente del recurso humano, evidenciado en el tiempo dedicado a tareas administrativas de bajo valor agregado. De acuerdo con el diagnóstico realizado, el personal del Departamento de Seguridad Integral invierte entre 10 y 15 horas-hombre semanales en actividades relacionadas con la transcripción, consolidación y búsqueda de información.

Este tiempo podría ser destinado a actividades de mayor impacto, como la supervisión en campo, la identificación de riesgos y la implementación de medidas preventivas.

Desde el enfoque de la transformación digital, esta situación refleja un bajo nivel de digitalización organizacional, en el cual las tecnologías disponibles no son utilizadas de manera estratégica para optimizar los procesos.

Según Vial (2019), uno de los principales desafíos en la transformación digital es precisamente la persistencia de prácticas tradicionales que limitan el aprovechamiento de las capacidades tecnológicas. En el caso analizado, la coexistencia de registros físicos y digitales genera una brecha entre la generación de datos y su utilización efectiva en la toma de decisiones.

Un elemento crítico identificado en el diagnóstico es la latencia en el análisis de la información. La consolidación manual de datos y la elaboración de informes periódicos generan un desfase temporal que puede alcanzar hasta 30 días entre la ocurrencia de un evento y su análisis.

Esta latencia tiene implicaciones directas en la gestión de riesgos, ya que impide la identificación oportuna de patrones y tendencias que podrían ser utilizados para prevenir incidentes.

Desde la perspectiva de la seguridad laboral, esta situación refuerza un enfoque reactivo, en el cual las decisiones se basan en información histórica en lugar de datos en tiempo real. Reason (1997) advierte que los sistemas que no logran identificar y gestionar las fallas latentes están más expuestos a la ocurrencia de accidentes.

En este caso, la falta de visibilidad sobre los indicadores proactivos limita la capacidad de la organización para anticipar riesgos y actuar de manera preventiva.

Asimismo, el análisis del sistema AS-IS evidencia una limitada capacidad de generación de conocimiento organizacional. La información disponible no es transformada en insights que permitan comprender el comportamiento de los riesgos, evaluar la efectividad de las medidas implementadas o identificar oportunidades de mejora.

Según Davenport y Harris (2017), las organizaciones que no utilizan analítica de datos se encuentran en desventaja competitiva, ya que sus decisiones se basan en intuición más que en evidencia.

En el ámbito de la SST, esta limitación se traduce en la incapacidad de gestionar indicadores proactivos de manera efectiva. Aunque se generan datos sobre inspecciones, capacitaciones y reportes de condiciones inseguras, estos no son analizados de forma sistemática ni integrados en un sistema que permita su monitoreo continuo.

Sinelnikov et al. (2015) destacan que los indicadores proactivos son esenciales para medir el desempeño preventivo, pero su efectividad depende de la disponibilidad y calidad de la información.

Otro aspecto relevante del diagnóstico es la falta de estandarización en los procesos de registro y gestión de la información. La utilización de formatos diversos y la ausencia de

critérios uniformes dificultan la comparabilidad de los datos y la generación de reportes consistentes.

Esta situación limita la capacidad de la organización para cumplir con los requisitos de trazabilidad y evidencia establecidos por normas como ISO 45001:2018, que exige un control riguroso de la información documentada (ISO, 2018).

Desde una perspectiva organizacional, estas deficiencias también impactan en la cultura de seguridad. La falta de acceso a información clara, oportuna y confiable dificulta la sensibilización del personal y la adopción de prácticas seguras.

La literatura señala que la cultura de seguridad está estrechamente relacionada con la disponibilidad de información y la capacidad de los trabajadores para participar activamente en la gestión de riesgos (Karanikas et al., 2021).

En síntesis, el diagnóstico del sistema AS-IS permite identificar una serie de problemáticas estructurales que limitan la efectividad del Sistema de Gestión de SST en Ecuabulk S.A. Estas incluyen la fragmentación de la información, la duplicidad de procesos, la latencia en el análisis de datos, la falta de integración tecnológica y la limitada capacidad de generación de conocimiento.

Estas deficiencias no solo afectan la eficiencia operativa, sino que también comprometen la capacidad de la organización para adoptar un enfoque preventivo en la gestión de la seguridad.

Desde una perspectiva teórica, estas problemáticas pueden ser interpretadas como manifestaciones de una brecha entre la gestión tradicional de la seguridad y los modelos contemporáneos basados en datos.

La ausencia de herramientas de inteligencia de negocios y la falta de integración de los procesos reflejan un nivel incipiente de transformación digital, en el cual la información no es utilizada como un recurso estratégico.

Este diagnóstico no solo evidencia las limitaciones del sistema actual, sino que también justifica la necesidad de una intervención orientada a la digitalización y optimización de los procesos de SST.

La transición hacia un modelo TO-BE basado en inteligencia de negocios representa una oportunidad para superar estas deficiencias, mejorar la eficiencia operativa y fortalecer la capacidad preventiva de la organización, alineándola con las mejores prácticas internacionales en gestión de la seguridad.

5. MODELO PROPUESTO DE REDISEÑO E INNOVACIÓN (TO-BE): UN ENFOQUE BASADO EN INTELIGENCIA DE NEGOCIOS

El rediseño del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) en Ecuabulk S.A. se fundamenta en la necesidad de transitar desde un modelo operativo fragmentado y reactivo hacia un sistema integrado, automatizado y orientado a la toma de decisiones basada en datos.

Este proceso de transformación no se limita a la incorporación de herramientas tecnológicas, sino que implica una reconfiguración estructural de los procesos, los flujos de información y las dinámicas organizacionales, en concordancia con los principios de la transformación digital (Vial, 2019).

Desde una perspectiva conceptual, el modelo TO-BE propuesto se sustenta en la convergencia de tres enfoques principales: la gestión de procesos (BPM), la inteligencia de negocios (BI) y los sistemas de gestión de SST basados en ISO 45001. Esta integración permite articular un sistema en el cual los datos generados en las operaciones son capturados, procesados y analizados de manera continua, transformándose en información estratégica para la prevención de riesgos.

5.1. Visión estratégica del modelo TO-BE

El modelo propuesto se articula en torno al principio de “Cero Doble Digitación, Cero Latencia”, el cual busca eliminar las ineficiencias identificadas en el sistema AS-IS mediante la automatización del flujo de información y la disponibilidad de datos en tiempo real.

Esta visión responde a los planteamientos de Davenport y Harris (2017), quienes destacan que las organizaciones orientadas a datos logran ventajas competitivas al reducir los tiempos de procesamiento de información y mejorar la calidad de sus decisiones.

En este sentido, el modelo TO-BE no solo optimiza la eficiencia operativa, sino que también transforma la lógica de gestión de la seguridad, permitiendo evolucionar hacia un enfoque proactivo basado en la identificación temprana de riesgos.

La disponibilidad de información en tiempo real facilita la detección de patrones y tendencias, lo que permite anticipar situaciones de riesgo y actuar de manera preventiva.

5.2. Arquitectura del sistema propuesto

El modelo TO-BE se estructura en una arquitectura tecnológica de tres capas, alineada con los principios de la inteligencia de negocios:

a. Capa de captura de datos (Input layer)

Esta capa está conformada por formularios digitales diseñados para la recolección estandarizada de información en campo. Estos formularios reemplazan los registros físicos, eliminando la necesidad de transcripción manual y reduciendo el riesgo de error humano.

b. Capa de almacenamiento y procesamiento (Data layer)

La información capturada se consolida automáticamente en una base de datos centralizada en la nube, lo que garantiza la integridad, disponibilidad y trazabilidad de los datos. Esta capa permite la estructuración y limpieza de la información, preparándola para su análisis.

c. Capa de visualización y análisis (Analytics layer)

La información procesada se presenta mediante dashboards interactivos que permiten monitorear indicadores clave de desempeño en tiempo real. Esta capa facilita la toma de decisiones informadas y la identificación de patrones de riesgo.

Esta arquitectura responde al modelo clásico de BI, en el cual los datos fluyen desde su captura hasta su transformación en conocimiento organizacional (Sharda et al., 2018).

d. Comparación estructural entre el modelo AS-IS y TO-BE

A continuación, se presenta una síntesis comparativa que evidencia las mejoras introducidas por el modelo propuesto:

Tabla 5. Propuesta de Modelo

Dimensión	Modelo AS-IS	Modelo TO-BE
Captura de datos	Manual, en papel o archivos dispersos	Digital, estandarizada en tiempo real
Procesamiento	Manual, con doble digitación	Automatizado
Almacenamiento	Fragmentado	Centralizado en la nube
Disponibilidad de información	Diferida (hasta 30 días)	Inmediata
Toma de decisiones	Reactiva	Proactiva
Gestión de indicadores	Limitada	Basada en dashboards interactivos

Nota: elaborado por los autores (2025)

Esta transformación evidencia una evolución desde un sistema operativo hacia un sistema inteligente, en el cual la información se convierte en un recurso estratégico para la organización.

5.3. Rediseño de procesos desde la perspectiva BPM

El modelo TO-BE implica un rediseño integral de los procesos de SST, orientado a eliminar actividades que no agregan valor y a optimizar los flujos de trabajo. Desde la perspectiva de BPM, este rediseño se basa en los siguientes principios:

- *Eliminación de redundancias: se suprime la doble digitación de datos.*
- *Automatización de tareas: se integran herramientas digitales para la captura y procesamiento de información.*
- *Estandarización de procesos: se establecen formatos únicos para el registro de datos.*
- *Integración de sistemas: se centraliza la información en una única base de datos.*

Estos principios están alineados con la reingeniería de procesos propuesta por Hammer y Champy (2003), quienes destacan la importancia de rediseñar radicalmente los procesos para lograr mejoras significativas en el desempeño organizacional.

5.4. Sistema de indicadores proactivos y toma de decisiones

Uno de los aportes más relevantes del modelo TO-BE es la incorporación de un sistema de indicadores proactivos que permite monitorear el desempeño en SST de manera continua. A diferencia de los indicadores reactivos, que se centran en eventos pasados, los indicadores proactivos permiten anticipar riesgos y evaluar la efectividad de las acciones preventivas (Sinelnikov et al., 2015).

Tabla 6. Ejemplo de indicadores proactivos en el modelo TO-BE

Indicador	Descripción	Frecuencia	Objetivo
Cumplimiento de inspecciones	% de inspecciones realizadas vs planificadas	Semanal	≥ 95%
Reportes de condiciones inseguras	Número de reportes generados	Diario	Incremento sostenido
Tiempo de registro de eventos	Tiempo desde ocurrencia hasta registro	Tiempo real	< 5 minutos
Cierre de acciones correctivas	% de acciones cerradas	Mensual	≥ 90%

Nota: elaborado por los autores (2025)

Estos indicadores permiten evaluar el desempeño preventivo y facilitan la toma de decisiones basada en evidencia, en línea con los principios de ISO 45001 (ISO, 2018).

5.5. Impacto organizacional del modelo TO-BE

La implementación del modelo propuesto genera impactos significativos en múltiples dimensiones organizacionales:

- *Eficiencia operativa: reducción del tiempo dedicado a tareas administrativas.*
- *Calidad de la información: disminución de errores en el registro de datos.*
- *Toma de decisiones: disponibilidad de información en tiempo real.*
- *Cultura organizacional: fortalecimiento de la cultura de seguridad basada en datos.*

Desde la perspectiva de la transformación digital, estos cambios reflejan una evolución hacia un modelo organizacional más ágil, adaptativo y orientado a la innovación (Westerman et al., 2014).

El modelo TO-BE propuesto no debe ser entendido únicamente como una solución tecnológica, sino como un cambio paradigmático en la gestión de la seguridad organizacional. La integración de BPM, BI y SST permite construir un sistema en el cual los datos se convierten en el eje central de la toma de decisiones, transformando la información en un activo estratégico.

En este sentido, la propuesta se alinea con las tendencias contemporáneas de organizaciones inteligentes, en las cuales la capacidad de aprender de los datos y adaptarse a los cambios del entorno se convierte en un factor clave de competitividad.

La implementación de este modelo en Ecuabulk S.A. representa un paso significativo hacia la consolidación de una gestión de SST moderna, eficiente y orientada a la prevención.

6. DISCUSIÓN

La presente investigación se inscribe dentro de la creciente línea de estudios que analizan la integración de tecnologías digitales y analítica de datos en la gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SST).

Los resultados obtenidos a partir del diagnóstico del sistema AS-IS y la propuesta del modelo TO-BE evidencian una brecha significativa entre las prácticas tradicionales de gestión de la seguridad y los enfoques contemporáneos basados en datos, automatización e inteligencia de negocios.

Esta brecha, identificada en el caso de Ecuabulk S.A., se manifiesta en la fragmentación de la información, la latencia en el análisis de datos y la predominancia de un enfoque reactivo en la toma de decisiones.

Desde una perspectiva comparativa, los hallazgos del presente estudio coinciden con lo planteado por Badri et al. (2018), quienes sostienen que la falta de integración de sistemas de información en la gestión de SST limita la capacidad de las organizaciones para prevenir riesgos de manera efectiva.

De manera similar, Karanikas et al. (2021) destacan que la disponibilidad de datos en tiempo real es un factor crítico para la mejora del desempeño en seguridad, ya que permite identificar patrones de riesgo y adoptar medidas preventivas oportunas.

En este sentido, la implementación del modelo TO-BE propuesto responde directamente a estas limitaciones, al integrar herramientas de captura, procesamiento y visualización de datos en un sistema unificado.

Uno de los aportes más relevantes de este estudio radica en la operacionalización del concepto de toma de decisiones basada en datos (data-driven decision making) en el contexto de la SST.

Mientras que la literatura ha abordado ampliamente este enfoque en áreas como el marketing, las finanzas y la gestión de operaciones (Davenport & Harris, 2017), su aplicación en la seguridad laboral aún es incipiente.

El modelo propuesto demuestra que es posible adaptar los principios de la inteligencia de negocios a la gestión de la seguridad, transformando los datos operativos en información estratégica que permite anticipar riesgos y mejorar la toma de decisiones.

En relación con la gestión de procesos, los resultados del estudio refuerzan los planteamientos de Dumas et al. (2018), quienes señalan que la optimización de procesos mediante BPM permite mejorar significativamente la eficiencia organizacional.

En el caso analizado, la eliminación de la doble digitación de datos y la automatización de los flujos de información representan mejoras sustanciales en la eficiencia operativa.

Sin embargo, el aporte del presente estudio va más allá de la optimización de procesos, al integrar BPM con inteligencia de negocios, generando un sistema que no solo ejecuta procesos de manera eficiente, sino que también aprende de los datos generados en dichos procesos.

Desde la perspectiva de la transformación digital, los resultados evidencian que la digitalización de los sistemas de SST no debe ser entendida como una simple sustitución de herramientas analógicas por digitales, sino como un proceso de cambio organizacional que implica la redefinición de prácticas, roles y culturas. Esto coincide con lo planteado por Vial (2019), quien destaca que la transformación digital implica cambios profundos en la forma en que las organizaciones crean y capturan valor.

En este sentido, la implementación del modelo TO-BE en Ecuabulk S.A. no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también promueve una cultura organizacional orientada a la prevención y al uso estratégico de la información.

Un aspecto clave que emerge de la discusión es la importancia de los indicadores proactivos en la gestión de la seguridad.

Tradicionalmente, las organizaciones han centrado su atención en indicadores reactivos, como la tasa de accidentes o el número de incidentes, los cuales, si bien son importantes, no permiten anticipar riesgos.

En contraste, los indicadores proactivos propuestos en el modelo TO-BE permiten monitorear variables que preceden a los incidentes, como el cumplimiento de inspecciones o la identificación de condiciones inseguras.

Este enfoque está en línea con lo planteado por Sinelnikov et al. (2015), quienes destacan que los indicadores proactivos son esenciales para medir el desempeño preventivo en SST.

No obstante, la implementación de este tipo de sistemas no está exenta de desafíos. La literatura señala que uno de los principales obstáculos en la adopción de tecnologías digitales es la resistencia al cambio organizacional y la falta de competencias digitales en el personal (Kane et al., 2015).

En el caso de Ecuabulk S.A., si bien la solución propuesta es tecnológicamente viable y de bajo costo, su éxito dependerá en gran medida de la capacidad de la organización para gestionar el cambio, capacitar al personal y fomentar una cultura de uso de datos en la toma de decisiones.

Otro elemento relevante de la discusión es la relación entre la calidad de los datos y la efectividad del sistema de gestión. Como señalan Sharda et al. (2018), la utilidad de los sistemas de inteligencia de negocios depende de la calidad, integridad y consistencia de los datos.

En este sentido, la estandarización de los procesos de captura de información mediante formularios digitales representa un avance significativo en la mejora de la calidad de los datos, lo que a su vez impacta positivamente en la confiabilidad de los análisis y decisiones.

Desde una perspectiva teórica, el presente estudio contribuye a la integración de tres campos de conocimiento que tradicionalmente han sido abordados de manera independiente: la gestión de procesos, la inteligencia de negocios y la seguridad laboral.

Esta integración permite desarrollar un modelo conceptual que articula estos enfoques en un sistema coherente, orientado a la mejora del desempeño organizacional. En este sentido, el estudio aporta evidencia empírica sobre la viabilidad de aplicar modelos de inteligencia de negocios en la gestión de la SST, contribuyendo al desarrollo de nuevas líneas de investigación en este campo.

Asimismo, el estudio presenta implicaciones prácticas relevantes para organizaciones que enfrentan problemáticas similares, especialmente en contextos donde los recursos tecnológicos son limitados. La utilización de herramientas accesibles y de bajo costo demuestra que la transformación digital no requiere necesariamente grandes inversiones, sino una adecuada integración de tecnologías existentes y un rediseño estratégico de los procesos.

Efectivamente, la discusión de los resultados permite concluir que la implementación de un sistema de inteligencia de negocios en la gestión de SST no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también transforma la lógica de gestión de la seguridad, permitiendo evolucionar hacia un modelo proactivo, basado en datos y orientado a la prevención.

Este cambio representa un avance significativo en la forma en que las organizaciones gestionan los riesgos laborales, alineándose con las mejores prácticas internacionales y con las tendencias emergentes de la transformación digital.

7. CONCLUSIONES

El presente estudio permitió analizar de manera integral las limitaciones estructurales del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) en la empresa Ecuabulk S.A., evidenciando que la fragmentación de la información, la dependencia de procesos manuales y la ausencia de herramientas analíticas constituyen factores determinantes en la ineficiencia operativa y en la adopción de un enfoque reactivo en la gestión de riesgos.

Estas condiciones reflejan una brecha significativa entre las prácticas organizacionales tradicionales y los modelos contemporáneos basados en datos, los cuales promueven la anticipación de riesgos y la mejora continua.

A partir de este diagnóstico, el estudio desarrolló un modelo de rediseño (TO-BE) fundamentado en la integración de la gestión de procesos (BPM), la inteligencia de negocios (BI) y los principios de la norma ISO 45001, configurando un sistema digitalizado orientado a la automatización del flujo de información y a la toma de decisiones en tiempo real.

Este modelo representa un cambio paradigmático en la gestión de la seguridad laboral, al transformar los datos operativos en un recurso estratégico para la prevención de riesgos y la optimización del desempeño organizacional.

Uno de los principales aportes del estudio radica en la demostración de que la implementación de soluciones de inteligencia de negocios en la gestión de SST es viable y efectiva incluso en contextos organizacionales con limitaciones tecnológicas.

La utilización de herramientas accesibles, como formularios digitales, bases de datos en la nube y dashboards interactivos, permite construir sistemas de información robustos sin requerir grandes inversiones, lo que amplía las posibilidades de adopción de este tipo de soluciones en organizaciones de diversos sectores.

Desde una perspectiva operativa, los resultados evidencian que la digitalización de los procesos de SST permite reducir significativamente el tiempo dedicado a tareas administrativas, mejorar la calidad de los datos y aumentar la disponibilidad de información en tiempo real. Estos cambios no solo incrementan la eficiencia organizacional, sino que también liberan recursos humanos para actividades de mayor valor agregado, como la supervisión en campo y la gestión preventiva de riesgos.

En el ámbito de la toma de decisiones, la incorporación de dashboards interactivos y sistemas de monitoreo en tiempo real facilita la identificación de patrones, tendencias y anomalías, permitiendo a los responsables de la seguridad actuar de manera oportuna y fundamentada.

Este enfoque basado en datos contribuye a la transición desde una gestión reactiva hacia un modelo proactivo, alineado con las mejores prácticas internacionales en seguridad laboral.

Asimismo, el estudio resalta la importancia de los indicadores proactivos como herramientas clave para la evaluación del desempeño en SST. A diferencia de los indicadores reactivos, que se centran en eventos pasados, los indicadores proactivos permiten anticipar riesgos y evaluar la efectividad de las acciones preventivas, fortaleciendo la capacidad de la organización para prevenir incidentes y mejorar continuamente sus procesos.

Desde una perspectiva teórica, el trabajo contribuye a la integración de tres campos de conocimiento que han sido tradicionalmente abordados de manera independiente: la gestión de procesos, la inteligencia de negocios y la seguridad laboral.

Esta integración permite desarrollar un modelo conceptual que articula estos enfoques en un sistema coherente y orientado a la generación de valor organizacional.

En este sentido, el estudio aporta evidencia empírica sobre la aplicabilidad de la inteligencia de negocios en la gestión de SST, contribuyendo al desarrollo de nuevas líneas de investigación en este campo emergente.

No obstante, la implementación del modelo propuesto implica desafíos que deben ser considerados. Entre ellos, destacan la necesidad de gestionar el cambio organizacional, desarrollar competencias digitales en el personal y garantizar la calidad y consistencia de los datos.

Estos factores son determinantes para el éxito de las iniciativas de transformación digital y requieren una planificación estratégica que incluya capacitación, acompañamiento y evaluación continua.

En cuanto a las implicaciones prácticas, el modelo desarrollado puede ser replicado en organizaciones que enfrentan problemáticas similares, especialmente en sectores operativos donde la gestión de la seguridad es crítica.

La adaptabilidad del modelo y el uso de tecnologías accesibles lo convierten en una herramienta útil para la modernización de los sistemas de SST en diversos contextos.

Finalmente, en relación con las líneas futuras de investigación, se sugiere profundizar en el análisis del impacto de la inteligencia de negocios en la cultura organizacional de seguridad, así como explorar la integración de tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial y el Internet de las Cosas (IoT), en la gestión de la SST.

Asimismo, sería pertinente realizar estudios longitudinales que permitan evaluar el impacto del modelo en el largo plazo, así como su aplicabilidad en diferentes sectores y contextos organizacionales.

En conclusión, la transformación digital del Sistema de Gestión de SST mediante la implementación de un modelo basado en inteligencia de negocios representa una estrategia efectiva para mejorar la eficiencia operativa, fortalecer la toma de decisiones y promover una cultura de seguridad orientada a la prevención.

Este enfoque no solo responde a las demandas del entorno actual, sino que también posiciona a las organizaciones en una trayectoria de mejora continua y sostenibilidad.

REFERENCIAS

CAPÍTULO 1

- Asamblea Nacional del Ecuador. (2015). *Ley orgánica del servicio público de energía eléctrica*. Registro Oficial.
- Coady, D., Parry, I., Sears, L., & Shang, B. (2015). *How large are global energy subsidies?* International Monetary Fund. <https://doi.org/10.5089/9781513550836.001>
- Comisión Nacional de Energía (CNE). (2023). *Energía abierta: Plataforma de datos del sector energético chileno*. <https://energiaabierta.cl>
- Dussan, G. (2018). *Energy subsidies in Latin America and the Caribbean: Stocktaking and policy challenges*. *Energy Policy*, 114, 445–455. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.12.030>
- Farooq, M. S., & Kim, Y. (2023). *Data-driven decision-making in public sector organizations: A systematic review*. *Government Information Quarterly*, 40(1), 101777. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2022.101777>
- Giuliano, F., Mishra, P., & Spilimbergo, A. (2020). *Subsidies and energy consumption: Lessons from Argentina*. *Energy Economics*, 87, 104726. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2020.104726>
- Inter-American Development Bank (IDB). (2017). *Energy policy and subsidies in Latin America*. IDB.
- Inter-American Development Bank (IDB). (2019). *Better spending for better lives: How Latin America and the Caribbean can do more with less*. IDB.
- International Energy Agency (IEA). (2022). *Digitalisation and energy*. <https://www.iea.org>
- Joskow, P. L. (2007). *Regulation of natural monopolies*. In *Handbook of law and economics* (Vol. 2, pp. 1227–1348). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S1574-0730\(07\)02016-1](https://doi.org/10.1016/S1574-0730(07)02016-1)
- Kimball, R., & Ross, M. (2013). *The data warehouse toolkit: The definitive guide to dimensional modeling* (3rd ed.). Wiley.
- Kissa, I. (2023). *Business process management in public sector organizations*. *Public Administration Review*, 83(2), 345–359.
- OECD. (2019). *The path to becoming a data-driven public sector*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/059814a7-en>
- Pollitt, M. G. (2004). *Electricity reform in Chile: Lessons for developing countries*. *Energy Economics*, 26(5), 777–795. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2004.04.001>
- Provost, F., & Fawcett, T. (2013). *Data science for business*. O'Reilly Media.
- Rogger, D., & Schuster, C. (2023). *The role of data in improving public sector performance*. *World Development*, 161, 106093. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2022.106093>
- Serra, P. (2022). *Energy regulation and policy in Chile*. *Energy Policy*, 162, 112789. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.112789>
- Sharda, R., Delen, D., & Turban, E. (2018). *Business intelligence, analytics, and data science: A managerial perspective* (4th ed.). Pearson.
- Stoft, S. (2002). *Power system economics: Designing markets for electricity*. IEEE Press.

*World Bank. (2023). Tracking SDG7: The energy progress report. World Bank.
<https://www.worldbank.org>*

World Bank. (2024). Data and analytics for energy sector transformation. World Bank.

CAPÍTULO 2

- Ashton, K. (2009). That 'Internet of Things' thing. *RFID Journal*, 22(7), 97–114.
- Aung, M. M., & Chang, Y. S. (2014). Traceability in a food supply chain: Safety and quality perspectives. *Food Control*, 39, 172–184. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.11.007>
- Bosona, T., & Gebresenbet, G. (2013). Food traceability as an integral part of logistics management in food and agricultural supply chain. *Food Control*, 33(1), 32–48. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.02.004>
- Brynjolfsson, E., & Hitt, L. M. (2003). Computing productivity: Firm-level evidence. *The Review of Economics and Statistics*, 85(4), 793–808. <https://doi.org/10.1162/003465303772815736>
- Chinosi, M., & Trombetta, A. (2012). BPMN: An introduction to the standard. *Computer Standards & Interfaces*, 34(1), 124–134. <https://doi.org/10.1016/j.csi.2011.06.002>
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2017). *Designing and conducting mixed methods research* (3rd ed.). SAGE Publications.
- Denzin, N. K. (2012). Triangulation 2.0. *Journal of Mixed Methods Research*, 6(2), 80–88.
- Dumas, M., La Rosa, M., Mendling, J., & Reijers, H. A. (2018). *Fundamentals of business process management* (2nd ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-56509-4>
- Elijah, O., Rahman, T. A., Orikumhi, I., Leow, C. Y., & Hindia, M. N. (2018). An overview of Internet of Things (IoT) and data analytics in agriculture: Benefits and challenges. *IEEE Internet of Things Journal*, 5(5), 3758–3773. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2018.2844296>
- FAO. (2024). FAOSTAT statistical database. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/faostat>
- Few, S. (2013). *Information dashboard design: Displaying data for at-a-glance monitoring* (2nd ed.). Analytics Press.
- Goldratt, E. M., & Cox, J. (2004). *The goal: A process of ongoing improvement* (3rd ed.). North River Press.
- Hammer, M. (2015). What is business process management? In J. vom Brocke & M. Rosemann (Eds.), *Handbook on business process management 1* (pp. 3–16). Springer.
- Ivankova, N. V., Creswell, J. W., & Stick, S. L. (2006). Using mixed-methods sequential explanatory design. *Field Methods*, 18(1), 3–20. <https://doi.org/10.1177/1525822X05282260>
- Juran, J. M., & Godfrey, A. B. (1999). *Juran's quality handbook* (5th ed.). McGraw-Hill.
- Kamilaris, A., & Prenafeta-Boldú, F. X. (2018). Deep learning in agriculture: A survey. *Computers and Electronics in Agriculture*, 147, 70–90. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.02.016>
- Kemmis, S., & McTaggart, R. (2005). Participatory action research. In N. Denzin & Y. Lincoln (Eds.), *The SAGE handbook of qualitative research* (pp. 559–603). SAGE.
- Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. A. (2015). A cyber-physical systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, 3, 18–23. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2014.12.001>

- Montgomery, D. C. (2013). *Introduction to statistical quality control* (7th ed.). Wiley.
- Object Management Group (OMG). (2013). *Business Process Model and Notation (BPMN) Version 2.0*.
- Porter, M. E. (1985). *Competitive advantage: Creating and sustaining superior performance*. Free Press.
- Rotz, S., Gravely, E., Mosby, I., Duncan, E., Finnis, E., Horgan, M., ... Fraser, E. (2019). Automated pastures and the digital divide. *Journal of Rural Studies*, 68, 112–122. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2019.01.023>
- Sterman, J. D. (2000). *Business dynamics: Systems thinking and modeling for a complex world*. McGraw-Hill.
- Tilman, D., Balzer, C., Hill, J., & Befort, B. (2011). Global food demand and sustainable intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(50), 20260–20264. <https://doi.org/10.1073/pnas.1116437108>
- Turban, E., Sharda, R., Delen, D., & King, D. (2011). *Business intelligence: A managerial approach* (2nd ed.). Pearson.
- Van der Aalst, W. M. P. (2013). *Business process management: A comprehensive survey*. ISRN Software Engineering. <https://doi.org/10.1155/2013/507984>
- Weske, M. (2012). *Business process management: Concepts, languages, architectures* (2nd ed.). Springer.
- Westerman, G., Bonnet, D., & McAfee, A. (2014). *Leading digital: Turning technology into business transformation*. Harvard Business Review Press.
- Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M. J. (2017). Big data in smart farming. *Agricultural Systems*, 153, 69–80. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.023>
- Zhang, N., Wang, M., & Wang, N. (2002). Precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 36(2–3), 113–132. [https://doi.org/10.1016/S0168-1699\(02\)00096-0](https://doi.org/10.1016/S0168-1699(02)00096-0)

CAPÍTULO 3

- Badri, A., Boudreau-Trudel, B., & Souissi, A. S. (2018). Occupational health and safety in the industry 4.0 era: A cause for major concern? *Safety Science*, 109, 403–411. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.06.012>
- Brown, T. (2008). Design thinking. *Harvard Business Review*, 86(6), 84–92.
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*. W. W. Norton & Company.
- Chen, H., Chiang, R. H. L., & Storey, V. C. (2012). Business intelligence and analytics: From big data to big impact. *MIS Quarterly*, 36(4), 1165–1188. <https://doi.org/10.2307/41703503>
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). *Designing and conducting mixed methods research* (3rd ed.). SAGE Publications.
- Davenport, T. H., & Harris, J. G. (2017). *Competing on analytics: The new science of winning* (Updated ed.). Harvard Business Review Press.
- Denzin, N. K. (2012). Triangulation 2.0. *Journal of Mixed Methods Research*, 6(2), 80–88. <https://doi.org/10.1177/1558689812437186>
- Dumas, M., La Rosa, M., Mendling, J., & Reijers, H. A. (2018). *Fundamentals of business process management* (2nd ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-56509-4>
- Few, S. (2013). *Information dashboard design: Displaying data for at-a-glance monitoring* (2nd ed.). Analytics Press.
- Grote, G. (2012). Safety management in different high-risk domains – All the same? *Safety Science*, 50(10), 1983–1992. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2011.07.017>
- Hammer, M. (2015). What is business process management? En J. vom Brocke & M. Rosemann (Eds.), *Handbook on business process management* (pp. 3–16). Springer.
- Hammer, M., & Champy, J. (2003). *Reengineering the corporation: A manifesto for business revolution*. Harper Business.
- Hollnagel, E. (2014). *Safety-I and Safety-II: The past and future of safety management*. Ashgate Publishing.
- International Organization for Standardization (ISO). (2018). *ISO 45001:2018 Occupational health and safety management systems — Requirements with guidance for use*. ISO.
- Kane, G. C., Palmer, D., Phillips, A. N., Kiron, D., & Buckley, N. (2015). Strategy, not technology, drives digital transformation. *MIT Sloan Management Review*, 14, 1–25.
- Karanikas, N., Melis, D. J., & Kourousis, K. I. (2021). The balance between safety and productivity and its relationship with human factors and safety awareness and communication in aircraft manufacturing. *Safety Science*, 138, 105216. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105216>
- Kemmis, S., McTaggart, R., & Nixon, R. (2014). *The action research planner: Doing critical participatory action research*. Springer.
- Liedtka, J. (2018). Why design thinking works. *Harvard Business Review*, 96(5), 72–79.

- Object Management Group (OMG). (2011). *Business Process Model and Notation (BPMN) Version 2.0*. <https://www.omg.org/spec/BPMN/2.0>
- Reason, J. (1997). *Managing the risks of organizational accidents*. Ashgate Publishing.
- Schwab, K. (2016). *The fourth industrial revolution*. World Economic Forum.
- Sharda, R., Delen, D., & Turban, E. (2018). *Business intelligence, analytics, and data science: A managerial perspective (4th ed.)*. Pearson.
- Sinelnikov, S., Inouye, J., & Kerper, S. (2015). Using leading indicators to measure occupational health and safety performance. *Safety Science*, 72, 240–248. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2014.09.010>
- Stringer, E. T. (2014). *Action research (4th ed.)*. SAGE Publications.
- Vial, G. (2019). Understanding digital transformation: A review and a research agenda. *The Journal of Strategic Information Systems*, 28(2), 118–144. <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2019.01.003>
- vom Brocke, J., & Mendling, J. (2018). *Business process management cases: Digital innovation and business transformation in practice*. Springer.
- Westerman, G., Bonnet, D., & McAfee, A. (2014). *Leading digital: Turning technology into business transformation*. Harvard Business Review Press

RESOLUCIÓN DE ARBITRAJE



**RED INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN GALILEO ECUADOR
RESOLUCIÓN N° REDDIGEC 2026-005
ASAMBLEA EXTRAORDINARIA N° 002**

La Red Internacional de Investigación Galileo Ecuador, registrada bajo el Nro. SENESCYT- REG-RED-22-0167; en uso de las atribuciones que les confiere los artículos 3 y 5 de su estatuto:

CONSIDERANDO

Que en plan anual de funcionamiento de REDIIGEC, se contempla las funciones propias de las actividades de investigación como estrategia para el cumplimiento de su objeto social.

CONSIDERANDO

Que se ha solicitado el proceso de arbitraje por pares de expertos, mediante la técnica doble ciego; de acuerdo a los estándares internacionales que rige la materia al siguiente: proyecto de investigación / Producto(s) educativo(s)-investigativo(s) / Prototipo(s) / Proyectos de investigación o de naturaleza editorial; titulado: Avances investigativos UF nro.3-2026. Posgrado.

CONSIDERANDO

Que el Grupo de Investigación "PDCAL" y "Administración y gestión de riesgos"; con competencias en el caso, presentaron ante la instancia de la Coordinación Académica el informe técnico pertinente y el mismo recomendó la aprobación para publicación con aval de arbitraje, fomentando así la producción, promoción y difusión investigativa, desde la rigurosidad científica.

CONSIDERANDO

Que es atribución de esta instancia avalar las recomendaciones de las unidades operativas que conforman REDIIGEC y en todos sus capítulos internacionales, en relación a los procesos de arbitraje por pares de expertos, mediante la técnica doble ciego; en correspondencia a los estándares internacionales que rigen la materia a: proyectos de investigación / Producto(s) educativo(s)-investigativo(s) / Prototipo(s) / Proyectos de investigación o de naturaleza editorial; de instancias académicas o científicas que así lo solicitan y de acuerdo a la disponibilidad de grupos de investigación asociados a esta red que posean las credenciales académicas pertinentes entre sus miembros asociados.

CONSIDERANDO

Que la Red Internacional de Investigación Galileo Ecuador, ha sido creada para la cooperación científica y tecnológica en el cumplimiento de su objeto social.

RESUELVE

ARTÍCULO 1. *Auspiciar y acompañar la aprobación académica por pares de los Grupos de Investigación con competencia; en favor del desarrollo, investigación y publicación del prototipo: Avances investigativos UF nro.3-2026. Posgrado. Así mismo, la publicación ON LINE en el sitio web institucional.*

ARTÍCULO 2. *Comuníquese a la Institución solicitante. De su conocimiento y fines pertinentes.*

Dado y firmado en Guayaquil, Ecuador; a los tres días del mes de marzo de dos mil veintiséis;



Código de verificación Institucional



Firmado electrónicamente por:
**FRANKLIN GERARDO DE
GREGORIO SALAS AULAR**

Coordinador General





ISBN: 978-9942-673-55-8

