

**Diseño y modelado de un BPM para estructurar los procesos productivos en el  
departamento de comisionamiento**

Carlos Andrés Gutiérrez Cruz

Asesor

Mgtr. Carlos Andrés Velásquez Enciso

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnologías e Ingenierías - ECBTI

Maestría en Gestión de Tecnologías de la Información

2026

### **Agradecimientos**

Quiero agradecer a Dios, a mi familia y mis compañeros porque en las actividades grupales de estudio, también han alimentado mi conocimiento, Agradezco a Massy Energy Colombia por permitirme desarrollar este proyecto, agradezco a los docentes que han orientado mi formación y especialmente a mi tutor el Ingeniero Carlos Velásquez que con su valiosa orientación me ayudo a que esto fuera posible.

### **Dedicatoria**

Este trabajo lo dedico primero a Dios que ha sembrado en mí el acto de ver más allá de todo lo posible, me ha motivado a ver con una mirada sencilla y humilde que todo es susceptible de mejora, en segundo lugar, dedico este trabajo a mi esposa y mi hijo que me han apoyado en mis jornadas de estudio, desarrollo e investigación, cediendo parte de su espacio y tiempo.

Dedico este trabajo también a mis padres que me dieron las bases para entender sobre la superación y el valor de la academia, en una sociedad a la que nunca le sobraré nuestro apoyo.

## Resumen

El departamento de comisionamiento de Massy Energy Colombia, creado en 2017 para la incorporación de activos, ha funcionado históricamente mediante procesos fragmentados y manuales, lo que ha dado lugar a una falta de estandarización, la duplicación de esfuerzos, la falta de intercambio de información y la inconsistencia de las versiones. Estas limitaciones han obstaculizado la gestión eficaz de la información y han afectado negativamente a la trazabilidad y la eficiencia operativa.

El objetivo de este proyecto era desarrollar un sistema de gestión de procesos de negocio (BPM) para documentar, automatizar y estandarizar los procesos de comisionamiento, garantizando la integridad del ciclo de vida de los activos y mejorando el rendimiento operativo. Se aplicó un enfoque de investigación mixto, combinando técnicas cualitativas y cuantitativas e integrando Lean Six Sigma (DMAIC) con los principios de BPM. Los procesos se modelaron utilizando la notación BPMN para representar tanto el estado actual (AS-IS) como el estado futuro optimizado (TO-BE), lo que permitió identificar los cuellos de botella y las oportunidades de mejora.

La recopilación de datos incluyó observación directa, entrevistas, grupos focales, análisis de documentos, encuestas realizadas a 15 empleados clave y registros operativos históricos. La propuesta tecnológica resultante elimina las actividades manuales y en papel e introduce rutinas de puesta en marcha personalizadas con diagramas de flujo estandarizados, funciones claramente definidas y documentación completa. El sistema implementado admite flujos de trabajo de aprobación automatizados, permite a los técnicos de campo registrar las operaciones a través de una aplicación basada en la web e incorpora mecanismos de supervisión y medición del rendimiento para la mejora continua.

Los resultados de la simulación demuestran una reducción del 43 % en la duración total del proceso (de 360 a 204 horas) y una disminución del 40 % en el tiempo de validación y aprobación gracias a la centralización y automatización del proceso. Las encuestas posteriores a la implementación muestran que el 87 % de los empleados calificaron el proceso como muy eficiente, el 93 % informaron de claridad en las responsabilidades y la satisfacción general alcanzó el 93 %.

La adopción de BPM ha mejorado la ejecución de los procesos, reducido los costes operativos y mejorado la calidad del servicio dentro de la función de puesta en marcha. Estos resultados demuestran el valor de combinar BPM con metodologías de mejora continua en industrias con un uso intensivo de activos.

***Palabras clave:*** Gestión De Procesos De Negocio (BPM), Modelado De Procesos, Transformación Digital, Comisionamiento, Lean Six Sigma.

## Abstract

The commissioning department of Massy Energy Colombia, established in 2017 for asset integration, has historically operated through fragmented and predominantly manual processes, resulting in a lack of standardization, duplicated efforts, unshared information, and version inconsistencies. These limitations have hindered effective information management and negatively affected traceability and operational efficiency.

This project aimed to develop a Business Process Management (BPM) system to document, automate, and standardize commissioning processes, ensuring asset lifecycle integrity and improving operational performance. A mixed-method research approach was applied, combining qualitative and quantitative techniques and integrating Lean Six Sigma (DMAIC) with BPM principles. Processes were modeled using BPMN notation to represent both the current state (AS-IS) and the optimized future state (TO-BE), enabling the identification of bottlenecks and improvement opportunities.

Data collection included direct observation, interviews, focus groups, document analysis, surveys administered to 15 key employees, and historical operational records. The resulting technological proposal eliminates manual and paper-based activities and introduces customized commissioning routines with standardized flowcharts, clearly defined roles, and comprehensive documentation. The implemented system supports automated approval workflows, enables field technicians to log operations through a web-based application, and incorporates monitoring and performance measurement mechanisms for continuous improvement.

Simulation results demonstrate a 43% reduction in total process duration (from 360 to 204 hours) and a 50% decrease in validation and approval time due to process centralization and automation. Post-implementation surveys show that 87% of employees rated the process as

highly efficient, 93% reported clarity in responsibilities, and overall satisfaction reached 93%.

The adoption of BPM has improved process execution, reduced operational costs, and enhanced service quality within the commissioning function. These results demonstrate the value of combining BPM with continuous improvement methodologies in asset-intensive industries.

***Keywords:*** Business Process Management (Bpm), Process Modeling, Digital Transformation, Commissioning, Lean Six Sigma.

## Tabla de contenido

Introducción .....	13
Definición del Problema .....	16
Justificación .....	19
Objetivos .....	21
Objetivo General .....	21
Objetivos Específicos .....	21
Alcance y Delimitación.....	22
Marco de Referencia.....	24
Antecedentes.....	24
Marco Teórico .....	28
Marco Conceptual .....	42
Marco Contextual .....	46
Metodología .....	52
Análisis y Resultados.....	62
Análisis del Proceso AS-IS .....	62
Simulación del Proceso AS-IS .....	70
Comparativa AS-IS Vs. TO-BE .....	71
Nueva Solución Basada en Ingeniería de Procesos.....	73
Simulación del Proceso TO-BE.....	75

Análisis y Resultados Posteriores a la Implementación TO-BE .....	77
Conclusiones .....	87
Recomendaciones .....	90
Referencias Bibliograficas .....	92

## Lista de Tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Comparativa Selección Herramienta</i> .....	35
<b>Tabla 2</b> <i>Fases del Proyecto, Técnicas Aplicadas y Entregables Esperados</i> .....	59
<b>Tabla 3</b> <i>Resultados Encuesta AS-IS</i> .....	65
<b>Tabla 4</b> <i>Comparativa AS-IS Vs.TO-BE</i> .....	72
<b>Tabla 5</b> <i>Resultados Encuesta TO-BE</i> .....	80
<b>Tabla 6</b> <i>Indicadores Eficiencia Operativa</i> .....	84
<b>Tabla 7</b> <i>Indicadores Calidad de Proceso</i> .....	85
<b>Tabla 8</b> <i>Indicadores Experiencia de Usuario</i> .....	86

## Lista de Figuras

<b>Figura 1</b> <i>Eventos</i> .....	37
<b>Figura 2</b> <i>Actividades</i> .....	38
<b>Figura 3</b> <i>Gateways (Puertas de Decisión)</i> .....	39
<b>Figura 4</b> <i>Flujo de Secuencia</i> .....	39
<b>Figura 5</b> <i>Flujo de Mensaje</i> .....	40
<b>Figura 6</b> <i>Asociación</i> .....	40
<b>Figura 7</b> <i>Piscinas y Carriles</i> .....	41
<b>Figura 8</b> <i>Artefactos</i> .....	41
<b>Figura 9</b> <i>Ubicación de Empresas de Massy Energy</i> .....	47
<b>Figura 10</b> <i>Estructura Organizacional de Massy Energy.</i> .....	49
<b>Figura 11</b> <i>Identificación de Procesos</i> .....	68
<b>Figura 12</b> <i>Modelado Proceso As-Is</i> .....	69
<b>Figura 13</b> <i>Simulación AS-IS</i> .....	70
<b>Figura 14</b> <i>Tiempos Simulación AS-IS</i> .....	71
<b>Figura 15</b> <i>Modelado Proceso TO-BE</i> .....	75
<b>Figura 16</b> <i>Simulación Proceso TO-BE</i> .....	76
<b>Figura 17</b> <i>Tiempos Simulación TO-BE</i> .....	77

**Lista de Apéndices**

<b>Apéndice A</b> <i>Encuesta Recolección de Datos</i> .....	97
<b>Apéndice B</b> <i>Resultados de la Encuesta As-Is</i> .....	100
<b>Apéndice C</b> <i>Respuestas Individuales As-Is</i> .....	101
<b>Apéndice D</b> <i>Resultados de la Encuesta To-Be</i> .....	103
<b>Apéndice E</b> <i>Respuestas Individuales To-Be</i> .....	104

## Introducción

En el entorno empresarial actual, las organizaciones experimentan un crecimiento constante en la información generada por su gestión. Esta situación ha impulsado la necesidad crítica de evaluar y adaptar sus procesos para integrar nuevas tecnologías que permitan un uso más eficiente de los recursos empresariales. En particular, en las empresas de ingeniería y consultoría, la gestión de entregables mediante medios digitales es un pilar fundamental, lo que ha acelerado la adopción de tecnologías disruptivas para la gestión de la información.

Massy Energy Colombia no es una excepción a esta realidad. Se ha identificado una necesidad imperante de optimizar el uso de su información, la cual representa un recurso vital y una parte significativa de su capital. En respuesta a esto, el departamento de comisionamiento de Massy Energy ha tomado la decisión estratégica de evaluar sus procesos actuales y revisar el uso de las herramientas informáticas disponibles. El objetivo es enfocar sus esfuerzos en metas más específicas y lograr una implementación de bajo costo. La optimización de procesos es clave para mejorar la eficiencia y competitividad de una organización, y en este sentido, el departamento de comisionamiento se ha propuesto implementar una solución para estructurar sus procesos productivos con el fin de optimizar la gestión de sus actividades y mejorar la calidad de los servicios y productos ofrecidos a sus clientes.

Problemática Actual (Estado "AS-IS"): Una evaluación inicial reveló que los procesos del departamento de comisionamiento están fragmentados y se ejecutan manualmente por cada profesional, lo que genera una marcada falta de estandarización y una duplicación de esfuerzos. No existe un flujo de trabajo unificado ni una metodología común entre las diferentes áreas. Esta situación conduce a problemas como:

- Información no unificada ni compartida.

- Redundancia de datos y conflictos de versiones.
- Dificultad para realizar un seguimiento preciso de las actualizaciones.
- Procesos aislados que impiden el acceso completo a la información relevante.

La Solución Propuesta: Diseño y Modelado de un Business Process Management (BPM):

Este proyecto se enfoca en el diseño y modelado de un sistema de Gestión de Procesos de Negocio (BPM). Este enfoque permitirá:

- Identificar y definir claramente los procesos de comisionamiento del departamento.
  - Establecer roles y responsabilidades definidos.
  - Documentar los procedimientos y políticas necesarias.
  - Diseñar un sistema de monitoreo y medición para garantizar la mejora continua de los procesos.
- Los procesos serán estandarizados y automatizados utilizando BPMN (Business Process Model Notation), lo que facilitará un flujo de trabajo claro y eficiente, una mejor integración entre áreas, y una gestión centralizada de la información, reduciendo errores y aumentando la eficiencia general.

Beneficios y Resultados Esperados (Estado "TO-BE"): La implementación de esta solución de BPM anticipa una mejora significativa en la eficiencia de los procesos de comisionamiento. Se espera lograr:

- Reducción de redundancias y tiempos de ejecución.
- Automatización de tareas manuales y una mayor trazabilidad de los procedimientos.
- Reducción de errores gracias a la estandarización de roles y políticas.
- Una mayor flexibilidad para adaptar los procesos a los constantes cambios del entorno empresarial y una mayor capacidad de innovación. (Esta última se menciona más explícitamente

en la Justificación, pero es un resultado directo de un BPM).

- Mejor satisfacción del cliente debido a la calidad y consistencia de los servicios prestados.

- En última instancia, se busca una reducción de costos, una mejora en la calidad del servicio ofrecido a los clientes y el fortalecimiento de la competitividad de la empresa en el mercado.

Para alcanzar estos objetivos, es fundamental la participación activa del personal del departamento, así como la capacitación necesaria para la correcta implementación y seguimiento del BPM. La evaluación continua de los nuevos procesos, a través de indicadores clave de desempeño (KPIs), asegurará que los beneficios del BPM se mantengan a lo largo del tiempo, con revisiones periódicas para realizar ajustes cuando sea necesario. Este proyecto de BPM buscará cerrar las brechas identificadas entre la situación actual y la futura mediante la automatización, la documentación formal de procedimientos y el monitoreo continuo.

## Definición del Problema

El departamento de comisionamiento de Massy Energy Colombia, establecido en 2017 con el propósito de asegurar la adecuada incorporación de activos desde la fase de construcción hasta su entrada en funcionamiento, ha operado históricamente con procesos productivos significativamente fragmentados y una ejecución predominantemente manual. Esta situación se ha derivado de la autonomía de los profesionales del área, cuyas metodologías y procedimientos, basados en su experticia en ingenierías (Mecánica, Eléctrica e Instrumentación industrial), han carecido de una estructura unificada y definida para el manejo óptimo de la información.

Una restricción crítica que perpetúa la ineficiencia es que los procedimientos de puesta en servicio se realizan en un sistema de base de datos propiedad del cliente (Ecopetrol). Este sistema funciona de forma fija y está restringido, no permitiendo cambios ni actualizaciones de procesos. Esta problemática es consistente con lo reportado en el Informe Integrado de Ecopetrol (2022), donde se reconoce como uno de los retos más significativos del sector la necesidad de fortalecer la trazabilidad operativa, la estandarización documental y la integración de la información técnica para mejorar la confiabilidad y disponibilidad de los activos industriales.

Esta falta de estandarización y unificación ha generado deficiencias operativas y de gestión de la información que impactan directamente la eficiencia y la calidad del servicio. Estos desafíos se alinean con las prioridades sectoriales identificadas por el CONPES 4075 (DNP, 2022), que señala la urgencia de modernizar, digitalizar y optimizar los procesos operativos y administrativos como requisito fundamental para la sostenibilidad, competitividad y seguridad energética del país. Específicamente, se han identificado las siguientes problemáticas:

- Información no unificada ni compartida: Los datos y procedimientos se gestionan de manera aislada y manual, sin un repositorio centralizado que soporte los procesos para todo el

equipo. El proceso actual depende significativamente de métodos dispersos, con algunos empleados utilizando hojas de cálculo y los demás utilizando documentos físicos.

- Duplicidad de esfuerzos y redundancia de datos: La ausencia de un flujo de trabajo común resulta en la repetición de tareas y en la existencia de información duplicada. Esta problemática fue percibida como un aspecto clave por el 60% de 15 empleados encuestados, quienes calificaron el proceso como “poco eficiente”.

- Proceso de control ineficiente: El modelado del proceso AS-IS evidenció tres pasos de validación redundantes percibidos como repetitivos y agotadores.

- Conflictos de versiones y baja trazabilidad: La inexistencia de un sistema centralizado genera inconsistencias en versiones y dificulta el seguimiento adecuado de entregables técnicos.

- Retrasos operativos y falta de claridad de roles: El 80% de los encuestados indicó que las aprobaciones manuales generan retrasos; además, el 60% consideró que sus responsabilidades son poco claras.

- Insuficiencia de herramientas tecnológicas: El 66,6% de los empleados manifestó que las herramientas actuales no son adecuadas para cumplir con sus responsabilidades.

- Baja satisfacción: Ningún colaborador calificó el proceso actual con una valoración máxima de eficiencia.

Estas ineficiencias contribuyen a un tiempo total promedio de ciclo de 360 horas en el estado AS-IS, lo cual limita la capacidad del departamento para garantizar el adecuado ciclo de vida de los activos. Este escenario refleja una necesidad urgente alineada con la dirección estratégica del sector energético. Esta problemática se agrava en el contexto del sector energía latino-caribeño, donde una reciente Hoja de ruta para la transformación digital del sector energético en América Latina y el Caribe elaborada por el BID (2023) identifica la falta de

estandarización, digitalización de procesos y gestión unificada de información como barreras estructurales para la gobernanza, eficiencia y trazabilidad de los activos energéticos.

## Justificación

El diseño y modelado de un sistema de Business Process Management (BPM) para el departamento de comisionamiento de Massy Energy Colombia se justifica por su significativa relevancia institucional, académica y tecnológica. Este proyecto aborda deficiencias operativas críticas y alinea los procesos con los objetivos estratégicos de la organización.

- Desde el punto de vista institucional, los procesos fragmentados y la ejecución manual han generado una falta de estandarización en la gestión de la información. Esto ha sido evidenciado por el 60 % de los empleados encuestados, quienes calificaron el proceso actual como “poco eficiente”, y por el 80 % que señaló retrasos debido a aprobaciones manuales. El tiempo promedio del proceso en su estado actual (AS-IS) es de 360 horas.

- La implementación del BPM contribuirá directamente a la reducción de redundancias, optimización de tiempos de ejecución y mejora en la trazabilidad. Se proyecta una reducción del 43 % en el tiempo total del proceso (de 360 a 204 minutos) y del 40 % en las fases de validación y aprobación. Estos resultados fortalecerán la competitividad de Massy Energy y alinearán sus operaciones con la visión corporativa de ofrecer un servicio oportuno y de calidad.

- En el ámbito académico, este proyecto representa una aplicación práctica de metodologías reconocidas en la gestión de procesos. La integración del enfoque Lean Six Sigma (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) con el BPM y la notación BPMN (Business Process Model and Notation) permite validar su efectividad en un contexto industrial real. La documentación detallada y la evaluación del impacto del proyecto constituyen un caso de estudio que enriquece la literatura académica en gestión de tecnologías de la información.

- Desde la perspectiva tecnológica, el proyecto responde a la necesidad de modernizar los procesos mediante la adopción de herramientas digitales. La propuesta elimina tareas manuales y

fomenta la ejecución de rutinas personalizadas de comisionamiento. El sistema BPM diseñado permite a los ingenieros ejecutar flujos de aprobación y a los trabajadores de campo reportar actividades mediante una aplicación web o móvil. Esta solución facilita la adaptación del flujo de trabajo a nuevas demandas y promueve la mejora continua mediante mecanismos de monitoreo y medición.

En conjunto, el proyecto se alinea con las tendencias de transformación digital en Colombia, especialmente en el sector energético, donde el BPM se ha consolidado como una herramienta estratégica para mejorar la eficiencia operativa y la gestión de activos.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Modelar con BPM los procesos de incorporación de activos del departamento de comisionamiento de Massy Energy Colombia SAS, con metodología BPM para proponer la mejora y asegurar el ciclo de vida de los activos del cliente.

### **Objetivos Específicos**

Analizar y mapear el estado actual AS-IS del área de incorporación de activos del departamento de comisionamiento.

Diseñar el modelo optimizado desde la perspectiva TO-BE del área de incorporación de activos del departamento de comisionamiento.

Documentar los procesos mejorados.

Evaluar el proceso mejorado del ciclo de vida de los activos, para medir el impacto del proyecto en términos de satisfacción de los profesionales y la eficiencia operativa.

## **Alcance y Delimitación**

### **Identificación de Procesos de Gestión del Comisionamiento**

El alcance incluye la identificación exhaustiva de los procesos productivos relacionados directamente con la gestión de comisionamiento para la incorporación de activos del Hub Llanos. Se realizará el análisis detallado de la situación estado actual "AS-IS", con el fin de capturar cómo se gestionan las actividades de comisionamiento.

### **Diseño del Modelo BPM Mejorado**

Basado en el análisis de los procesos actuales, se diseñará un modelo de Business Process Management (BPM) para optimizar los flujos de trabajo. Este modelo incluirá mejoras basadas en las mejores prácticas y estándares de gestión de procesos productivos, bajo la perspectiva "TO-BE" (estado futuro). Se utilizará BPMN (Business Process Model and Notation) para modelar los flujos de trabajo.

### **Estandarización y Documentación de Procedimientos**

El proyecto abarcará la creación de una estructura de procesos estándar futura, documentando procedimientos y políticas necesarias para el cumplimiento efectivo de los procesos de comisionamiento. Esto garantizará que todos los involucrados sigan un protocolo unificado, reduciendo las variaciones y los errores operativos.

### **Automatización de Procesos de Comisionamiento**

Automatización de las tareas recurrentes y críticas de comisionamiento, optimizando la planificación, ejecución, y seguimiento de las actividades. Se asegurará la integración de herramientas digitales con los sistemas existentes de la empresa, permitiendo la digitalización y automatización de las actividades manuales y la gestión de recursos.

### **Capacitación y Alineación del Personal**

Capacitar al personal del departamento de comisionamiento en la adopción del nuevo sistema BPM y en los procedimientos optimizados. Esto será esencial para asegurar que los usuarios clave comprendan los cambios y puedan operar eficientemente dentro del nuevo marco.

### **Sistema de Monitoreo, Medición y Mejora Continua**

El sistema BPM incluirá un módulo de monitoreo de desempeño, con indicadores clave (KPI) para medir la eficacia y eficiencia de los procesos de comisionamiento. El alcance incluirá la creación de un plan para la mejora continua, basado en los resultados de estas mediciones.

### **Optimización de Recursos y Reducción de Costos**

Se espera que el proyecto ayude a optimizar el uso de los recursos (tiempo, personal y equipos), reduciendo costos operativos y mejorando los tiempos de respuesta en los procesos de comisionamiento. La implementación del BPM estará orientada a lograr una mayor eficiencia en la ejecución del comisionamiento.

### **Exclusiones del Alcance**

Los procesos no relacionados directamente con el comisionamiento de proyectos nuevos no serán considerados parte de este proyecto.

La implementación de tecnologías o herramientas adicionales fuera de las necesarias para el BPM no está contemplada.

## Marco de Referencia

### Antecedentes

#### *Antecedentes en Colombia*

En Colombia, las organizaciones han reconocido en las últimas dos décadas la importancia de la automatización y optimización de procesos mediante el uso de tecnologías avanzadas como el Business Process Management (BPM). La implementación de BPM ha ganado relevancia en diversos sectores productivos, desde la industria energética, hasta las telecomunicaciones y la banca, con el fin de mejorar la eficiencia operativa, la calidad del servicio, y la gestión de recursos.

#### *La Evolución de la Adopción del BPM en Colombia se Enmarca en la Transformación Digital*

El Índice de Madurez Digital de Colombia 2023 elaborado por CINTEL evidencia que, aunque solo el 19 % de las organizaciones afirma tener procesos automatizados de manera integral, más del 70 % proyecta aumentar su inversión en herramientas de automatización, analítica e integración digital durante los próximos dos años. De forma complementaria, el informe Colombia un País Digital Vol. 3 (ANDI & CIDER, 2022) señala que las empresas consideran la automatización como un habilitador clave para mejorar la eficiencia operativa, reducir tiempos internos, fortalecer la trazabilidad en operaciones críticas y mitigar costos asociados al retrabajo. Este panorama demuestra que la automatización no solo representa una estrategia tecnológica, sino un componente esencial para impulsar la competitividad y la productividad empresarial en Colombia, especialmente en sectores donde la gestión de activos y los procesos operativos tienen un alto impacto, como energía, petróleo y servicios industriales.

Mayorga (2022) explica que la Gestión por Procesos de Negocio (BPM) se ha convertido en una herramienta clave para impulsar la transformación digital y la innovación organizacional

en Colombia. Su adopción permite que las empresas estructuren, controlen y mejoren sus flujos de trabajo, logrando mayor eficiencia operativa, reducción de tiempos y mejor asignación de recursos. El autor destaca que la aplicación de BPM favorece la integración entre tecnología y gestión, lo cual facilita la automatización de actividades repetitivas, la disminución de errores humanos y la disponibilidad permanente de los servicios (24/7). Asimismo, contribuye al cumplimiento de normativas y estándares de calidad, garantizando una mayor trazabilidad y transparencia en la gestión de la información.

Desde una perspectiva estratégica, BPM permite a las organizaciones fortalecer la toma de decisiones basadas en datos, mejorar la experiencia del cliente y potenciar la capacidad de innovación, factores que en conjunto incrementan su competitividad y sostenibilidad dentro del mercado colombiano.

### ***Implementación de BPM en el Sector Energético***

De acuerdo con Yépez-García et al. (2024), el avance de la Gestión de Procesos de Negocio (BPM) en la industria energética colombiana ha sido significativo, evolucionando desde un enfoque inicial en la eficiencia operativa y la calidad, hacia un pilar fundamental de la transformación digital y la modernización del sector.

Inicialmente, las empresas energéticas adoptaron BPM principalmente para optimizar procesos internos, reducir costos y cumplir con los estándares de calidad y regulación. Sin embargo, en los últimos años, la transición energética, la descarbonización y la digitalización han acelerado su implementación como una necesidad estratégica para competir y adaptarse.

### ***Evolución y Estado Actual del BPM en el Sector***

En los últimos años, la evolución de la Gestión por Procesos de Negocio (BPM) en el sector energético colombiano ha sido especialmente evidente en empresas de infraestructura

crítica como TGI, filial del Grupo Energía Bogotá. Según Rodríguez Fraile (2025), la compañía ha avanzado hacia un modelo de gestión que prioriza la estandarización, la alineación estratégica y la optimización integral de sus operaciones mediante el uso formal de BPM. El estudio muestra que TGI se encuentra en un proceso de maduración organizacional en el que los procesos dejan de ser actividades aisladas para convertirse en elementos articuladores de toda la cadena operativa del transporte de gas natural. Este enfoque ha permitido identificar brechas, homogenizar prácticas y estructurar una arquitectura de procesos coherente con los lineamientos corporativos del Grupo Energía Bogotá. Así, el estado actual del BPM en el sector se caracteriza por una adopción más estratégica y transversal, donde las empresas energéticas utilizan la gestión por procesos no solo para mejorar la eficiencia interna, sino para fortalecer la gobernanza operativa, garantizar la confiabilidad del servicio y soportar los retos de modernización y competitividad del mercado energético colombiano.

### ***BPM en el Sector de Ingeniería y Consultoría***

En el sector de la ingeniería y la consultoría, la adopción de Business Process Management (BPM) se ha vuelto fundamental para la optimización y mejora continua de los procesos. Según Barrera-Alvarado et al. (2023), autores del artículo 'BPM Methodology Applied in Construction Projects: A Reflection', el BPM es una filosofía de gestión esencial que impulsa la productividad y eficiencia en entornos competitivos, como el de la construcción. Su implementación en proyectos de ingeniería busca mejorar la eficiencia en el diseño, la producción y la gestión de proyectos, facilitando la coordinación de equipos multidisciplinares.

La integración de herramientas de BPM, especialmente aquellas enfocadas en la gestión de proyectos, inaugura una nueva era de control y eficiencia operativa, proporcionando una visión global y cohesiva de la empresa. En el ámbito de la consultoría, BPM se aplica para

analizar, diseñar e implementar procesos, ayudando a las empresas a optimizar sus operaciones y a ofrecer soluciones personalizadas. La consultoría en transformación digital, que a menudo integra BPM, es un área de crecimiento clave.

### ***Políticas y Marcos Regulatorios que Impulsan el BPM***

El Gobierno colombiano continúa impulsando políticas y marcos regulatorios que promueven la transformación digital y la automatización de procesos en los sectores público y privado. En particular, la Estrategia Nacional Digital 2023-2026 articula acciones para fortalecer el acceso, uso y apropiación de las TIC en todo el país. Además, el Decreto 1263 de 2022 establece lineamientos y estándares para que las entidades estatales adopten procesos digitales y automatizados como parte de la implementación del gobierno digital. Finalmente, iniciativas recientes relacionadas con la modernización de trámites evidencian los avances concretos para transformar digitalmente la administración pública.

En el ámbito empresarial, la regulación sobre eficiencia energética y la necesidad de optimizar el uso de recursos ha impulsado a empresas como Massy Energy a buscar soluciones tecnológicas que mejoren el manejo de sus activos. Esto, a su vez, ha creado un entorno favorable para la implementación de herramientas BPM, que permiten una gestión más integral y optimizada de los procesos de negocio.

### ***Antecedentes del BPM***

De acuerdo con Laguna et al. (2025), BPM es un enfoque de gestión holístico que busca alinear las necesidades del cliente con las estrategias corporativas. Su surgimiento está directamente relacionado con la Reingeniería de Procesos de Negocio (BPR), un concepto popular en la década de 1990 que abogaba por el rediseño radical de los procesos. Sin embargo, el interés corporativo en proyectos BPR a gran escala disminuyó debido a las altas tasas de

fracaso, estimadas entre el 50% y el 70%, y a la percepción de que a menudo se utilizaba simplemente para reducir costos y personal. Como resultado, las empresas buscaron un enfoque menos radical y más sostenido. Así, la BPM evolucionó como una forma de "reingeniería de procesos continua". Emplea métodos para descubrir, modelar, analizar, medir, mejorar y optimizar continuamente las estrategias y procesos de negocio. Metodologías como Six Sigma y Lean se consideran ejemplos de enfoques de BPM.

La BPM no es un marco único, sino una consolidación de principios de diversas disciplinas. Sus influencias intelectuales más importantes provienen de tres áreas clave:

- La gestión de la calidad, con Six Sigma como su avatar más reciente.
- El área de la gestión, con el movimiento BPR como un representante prominente.
- El área de TI y sistemas de información, con sus raíces en los sistemas de gestión de flujo de trabajo (workflow) y la automatización.

A través del análisis avanzado y el monitoreo de actividades, la BPM coordina el comportamiento de personas, sistemas e información para producir resultados de negocio, siendo de gran ayuda para acelerar las estrategias de transformación digital. La tecnología que soporta estas iniciativas se conoce como Sistemas de Gestión de Procesos de Negocio (BPMS). Estos sistemas de software permiten soluciones de TI centradas en los procesos, integrando personas, sistemas y datos. Los BPMS suelen incluir herramientas como diseñadores gráficos de procesos y funcionalidades de simulación para facilitar el diseño, la ejecución y la mejora continua.

### **Marco Teórico**

Este proyecto se fundamenta en un sólido marco teórico centrado en la Gestión de Procesos de Negocio (BPM), con el propósito de abordar las problemáticas de fragmentación, ejecución manual y falta de estandarización identificadas en el departamento de

comisionamiento de Massy Energy Colombia.

En el sector energético, la gestión por procesos se ha consolidado como un habilitador clave para mejorar la confiabilidad, la trazabilidad y la toma de decisiones basadas en datos. De acuerdo con el Banco Interamericano de Desarrollo (2023), la transformación digital del sector energético en América Latina requiere la estandarización y automatización de procesos operativos para garantizar eficiencia, seguridad y continuidad del servicio. De manera alineada, Rodríguez Fraile (2025) demuestra que la implementación de BPM en Transportadora de Gas Internacional (TGI) ha permitido fortalecer la gestión de activos y mejorar el desempeño operativo en el transporte de gas natural en Colombia.

En línea con lo expuesto en los antecedentes, El BPM se define como un enfoque holístico que trasciende la gestión tradicional, orientado a alinear las necesidades del cliente con las estrategias corporativas. Para ello, emplea métodos que permiten descubrir, modelar, analizar, medir, mejorar y optimizar continuamente los procesos empresariales (Weske, M. 2024). La propuesta tecnológica del proyecto se basa en los principios y herramientas que ofrece esta disciplina, especialmente en la notación BPMN (Business Process Model and Notation), considerada el estándar gráfico para representar procesos.

Asimismo, se profundizará en la Notación de Modelado de Procesos de Negocio (BPMN), el estándar de facto para la representación gráfica de procesos. BPMN facilita la visualización del estado actual (AS-IS) y el estado futuro optimizado (TO-BE), permitiendo identificar cuellos de botella y oportunidades de mejora (Vogel-Heuser et al., 2022).

Para el modelado de procesos, se utilizan elementos clave de BPMN como eventos, actividades, gateways, flujos, piscinas, carriles y artefactos. Estos componentes permiten construir diagramas que guían la transformación de los procesos, asegurando claridad,

estandarización y una mejor comunicación entre los actores involucrados.

Además de la Notación BPMN, el proyecto recurrió a herramientas tecnológicas de gestión de procesos. Específicamente, Bizagi fue la plataforma seleccionada y utilizada para la simulación de los procesos modelados. Bizagi es una plataforma de gestión de procesos que permite a las organizaciones crear, modelar, automatizar y optimizar sus procesos de negocio. Su capacidad de simulación fue crucial para la comparativa cuantitativa del tiempo total del proceso entre el estado actual (AS-IS) de 360 horas y el estado futuro optimizado (TO-BE) de 204 horas, evidenciando la reducción del 43% en la duración del proceso. Estas plataformas permiten diseñar, automatizar y monitorear procesos, integrando personas, sistemas y datos (Hilty et al., 2023).

El BPM se complementa con metodologías como Lean Six Sigma, que se enfoca en la mejora continua mediante la eliminación de desperdicios y la reducción de variabilidad. En este proyecto, se integró el ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) como marco de ejecución para la transformación de procesos (Luis, 2024).

Visto lo anterior se proporciona el sustento conceptual y técnico necesario para comprender cómo el diseño e implementación de un sistema BPM, apoyado en BPMN y herramientas digitales, permite transformar las operaciones del departamento de comisionamiento, optimizar la gestión de activos y mejorar la eficiencia operativa. La conexión entre estos fundamentos teóricos y la solución tecnológica propuesta es intrínseca, asegurando una base sólida y una hoja de ruta clara para el cumplimiento de los objetivos.

### ***BPM en el Sector Energético y su Relación con la Gestión de Activos***

La implementación de BPM en organizaciones del sector energético ha demostrado ser un habilitador clave para la estandarización operativa y la optimización del ciclo de vida de los

activos. Según Teixeira, Ferreira & Ramos (2024), la aplicación del enfoque BPM en empresas de infraestructura energética contribuye significativamente a reducir tiempos de ciclo, aumentar la trazabilidad operativa y mejorar la calidad del servicio mediante el modelado AS-IS / TO-BE y la automatización de flujos críticos. Los autores identifican que la mejora basada en BPM habilita decisiones más informadas y permite alinear procesos técnicos con objetivos estratégicos.

En el contexto colombiano, Rodríguez Fraile (2025) evidenció que el uso de herramientas de gestión por procesos como Signavio en Transportadora de Gas Internacional (TGI), filial del Grupo Energía Bogotá, permitió optimizar procesos operativos relacionados con la gestión de activos y la confiabilidad operacional, demostrando la relación directa entre madurez BPM y desempeño técnico en la gestión energética. Este hallazgo valida la pertinencia de aplicar BPM en áreas técnicas como comisionamiento, operación y mantenimiento industrial, donde la trazabilidad documental y la reducción de reprocesos son factores decisivos.

Asimismo, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2023) plantea que la estandarización, digitalización y automatización de los procesos de soporte técnico y operativo representan prioridades estratégicas para garantizar la gobernanza y continuidad del servicio en el sector energético latinoamericano. Esto refuerza la necesidad de integrar herramientas BPM con plataformas corporativas como SAP PM, SGI, SCADA o sistemas especializados de comisionamiento como Hexagon Smart Completions, a fin de asegurar un control integral del ciclo de vida de los activos.

### ***Herramientas de Gestión de Procesos de Negocio***

De acuerdo con el libro "BPM CBOOK versión 4.0 Guide to the Business Process Management Common Body Of Knowledge" de Hilty et al. (2023), las herramientas de gestión

de procesos de negocio se entienden como los enfoques, métodos y plataformas tecnológicas que sustentan la disciplina de BPM. El BPM CBOK Versión 4.0 las describe como elementos que permiten la optimización y mejora continua de los procesos empresariales. Estas herramientas abarcan tanto prácticas probadas como nuevas tendencias tecnológicas. Entre ellas se incluyen la metodología ágil, repositorios de procesos, automatización robótica de procesos (RPA), blockchain, inteligencia artificial (IA), aprendizaje automático (Machine Learning) e Internet de las Cosas (IoT). Estas herramientas son cruciales para integrar la estrategia organizacional con las expectativas del cliente y para la gestión efectiva de los procesos. Algunas de las herramientas de gestión de procesos de negocio más comunes incluyen IBM Business Process Manager, Oracle BPM Suite, Appian y Bizagi. Cada una de estas herramientas ofrece una variedad de características y funcionalidades para satisfacer diferentes necesidades empresariales.

Algunas de las herramientas de gestión de procesos de negocio más comunes son:

**IBM Business Process Manager.** es una plataforma de gestión de procesos de negocio que ayuda a las organizaciones a diseñar, modelar, implementar y monitorear procesos de negocio. Ofrece una amplia gama de capacidades, desde la creación de diagramas de flujo hasta la automatización de procesos de extremo a extremo.

**Oracle BPM Suite.** es una solución integral de gestión de procesos de negocio que permite a las organizaciones diseñar, modelar, implementar y monitorear sus procesos de negocio. Ofrece una amplia gama de herramientas y funcionalidades, como la creación de diagramas de flujo, la integración con sistemas de terceros y la monitorización en tiempo real de los procesos.

**Appian.** es una plataforma de automatización de procesos de negocio que permite a las

organizaciones crear, modelar y automatizar procesos de negocio complejos. Ofrece una amplia gama de herramientas y funcionalidades, como la creación de diagramas de flujo, la automatización de tareas manuales y la integración con sistemas de terceros.

**Bizagi.** es una plataforma de gestión de procesos de negocio que permite a las organizaciones crear, modelar, automatizar y optimizar sus procesos de negocio. Ofrece una amplia gama de herramientas y funcionalidades, como la creación de diagramas de flujo, la automatización de procesos y la integración con sistemas de terceros.

### ***Justificación de la Selección de Bizagi como Herramienta BPM***

Para el desarrollo del modelado y simulación de procesos, se seleccionó Bizagi Modeler como herramienta tecnológica principal. Bizagi es una plataforma BPM ampliamente utilizada a nivel internacional y reconocida por su accesibilidad, interfaz intuitiva y alto nivel de compatibilidad con el estándar BPMN 2.0. De acuerdo con Delgado et al. (2023), Bizagi facilita el modelado estructurado de procesos, su análisis comparativo y la simulación cuantitativa de escenarios AS-IS y TO-BE, lo cual permite evaluar impactos operativos antes de implementar cambios reales en la organización.

En entornos industriales y energéticos, Bizagi ha sido aplicada para estandarizar procesos complejos y mejorar la trazabilidad en áreas como mantenimiento, aseguramiento de calidad y gestión de activos. Según Rodríguez Fraile (2025), Bizagi permite integrar diagramas de procesos con sistemas de información corporativos tales como ERP, SAP PM y herramientas de supervisión técnica, lo que la convierte en una opción adecuada para organizaciones intensivas en activos como las empresas del sector energético colombiano.

Comparada con otras soluciones BPM como Appian o IBM BPM, Bizagi destaca por su enfoque orientado al diseño colaborativo, su motor de simulación integrado y su disponibilidad

en versiones académicas y empresariales, factores que facilitan la adopción progresiva y reducen barreras económicas y técnicas para la implementación (Teixeira, Ferreira, & Ramos, 2024). Estas características justifican su selección como herramienta adecuada para el modelado y evaluación de escenarios en el proceso de comisionamiento de Massy Energy Colombia.

En este proyecto, Bizagi se utilizó para simular el desempeño del proceso de comisionamiento, demostrando una reducción del 43% en tiempo total de ciclo (de 360 a 204 horas), lo cual valida su utilidad como soporte técnico para decisiones de rediseño organizacional.

**Tabla 1***Comparativa Selección Herramienta*

Criterio	IBM Business Process Manager (IBM BPM)	Oracle BPM Suite	Appian	Bizagi
Enfoque principal	Plataforma BPM integral para diseñar, ejecutar, monitorear y optimizar procesos de negocio a nivel corporativo.	Suite completa e integrada para modelar, ejecutar y optimizar procesos, con reglas, tareas humanas, interfaces y analítica en una sola plataforma.	Plataforma low-code para automatización de procesos y desarrollo rápido de aplicaciones empresariales (BPM + IA + RPA + data fabric).	Herramienta centrada en modelado BPMN y simulación (Bizagi Modeler) integrada con una plataforma BPM para automatización cuando se requiere.
Cobertura del ciclo BPM	Cubre todo el ciclo: descubrimiento, diseño, implementación, ejecución y monitoreo continuo de procesos en producción.	Cubre el ciclo completo, con fuerte énfasis en integración SOA, reglas de negocio y analítica en tiempo real.	Integra orquestación, automatización, IA y analítica para gestionar procesos en producción con enfoque de aplicaciones de negocio completas.	Permite descubrir, modelar, documentar y simular procesos con BPMN 2.0; la ejecución/automatización es opcional y no es requisito para usar el Modeler en un proyecto académico.
BPMN 2.0 y modelado gráfico	Soporta BPMN para diseño de flujos, pero el foco está en el entorno de ejecución corporativo y la gestión operativa.	Ofrece soporte completo de BPMN 2.0 para diseño y ejecución unificados.	Ofrece modelado de procesos dentro de su entorno low-code, pero la notación está más ligada a construir apps que a la enseñanza detallada de BPMN.	Bizagi Modeler está orientado específicamente a BPMN 2.0, con interfaz drag-and-drop muy clara y buenas guías de buenas prácticas.
Simulación de procesos	Fuerte en monitoreo y analítica de procesos ya desplegados; la simulación tipo 'what-if' no es su foco principal para un usuario académico.	Incluye analítica en tiempo real y tableros; orientado a procesos vivos en producción más que a simulación didáctica ligera.	Centrada en automatización y monitoreo; la experimentación con escenarios suele hacerse sobre aplicaciones construidas, con mayor complejidad.	Bizagi Modeler permite simulación BPSim de tiempos, recursos y colas directamente sobre los modelos BPMN, ideal para evaluar mejoras (AS-IS vs TO-BE) en un estudio académico.

Criterio	IBM Business Process Manager (IBM BPM)	Oracle BPM Suite	Appian	Bizagi
Coste y licenciamiento para la tesis	Producto enterprise con licenciamiento de nivel corporativo; poco práctico para un piloto académico independiente.	Suite con licenciamiento complejo y costos elevados (licencias por usuario/procesador y dependencias con otros productos Oracle).	Plataforma comercial de pago, pensada para adopción institucional, no tanto para uso aislado de un estudiante.	Bizagi Modeler es gratuito para un solo usuario: permite modelar, documentar, simular y publicar procesos sin coste de licencia, lo que lo hace especialmente adecuado para un trabajo de maestría.
Curva de aprendizaje para usuarios no TI	Entorno potente pero complejo, pensado para equipos de TI y arquitectos de procesos en organizaciones grandes.	Compleja para usuarios de negocio puros (muchos componentes: Studio, Composer, Workspace, integración SOA, etc.).	Muy orientada a low-code, pero es una plataforma amplia (datos, interfaces, reglas, automatización), lo que exige más tiempo de configuración y capacitación.	Interfaz muy intuitiva y visual, fácil de adoptar por analistas de procesos y equipos de comisionamiento sin perfil de desarrollador; buena para talleres y co-diseño del flujo.
Requerimientos de infraestructura	Normalmente requiere servidores dedicados (on-premise o cloud IBM), base de datos corporativa y administración especializada.	Requiere infraestructura empresarial basada en Oracle (WebLogic, SOA, DB), con administración experta.	Plataforma cloud o híbrida, pensada para despliegue institucional con integración de múltiples sistemas.	Para la tesis basta un equipo local con Bizagi Modeler; no se necesita desplegar toda la plataforma BPM para modelar y simular el proceso.
Adecuación al proyecto de tesis	Muy potente, pero sobredimensionado en costo y complejidad si el objetivo central es modelar y evaluar mejoras de un proceso específico.	Ideal para programas de transformación digital corporativa, menos adecuada para un estudio académico que busca priorizar análisis y simulación de un proceso concreto.	Excelente para proyectos de transformación y aplicaciones empresariales, pero implica diseñar toda una solución low-code, más allá del alcance típico de una tesis centrada en BPM/BPMN.	Encaja directamente con los objetivos de la tesis: modelar el proceso de comisionamiento (AS-IS / TO-BE), simular escenarios de mejora, cuantificar tiempos y documentar el flujo de forma estándar sin depender de una infraestructura corporativa.

*Nota.* Tabla con las características de las herramientas BPM, Fuente propia

## ***Notación BPMN y sus Elementos***

La Notación de Modelado de Procesos de Negocio (BPMN) es ampliamente reconocida como el estándar de facto para la representación gráfica de procesos. Según Vogel-Heuser et al. (2022), la Notación y Modelo de Procesos de Negocio (BPMN), a través de su extensión BPMN++, está diseñada para gestionar aspectos organizacionales, multi-equipos y de ingeniería de sistemas en el diseño y operación de sistemas de producción ciber-físicos. BPMN++ ofrece una visión general mejorada, una notación uniforme y facilita la modificación desde una perspectiva de ingeniería. Esta característica es crucial para nuestro estudio, ya que permite visualizar claramente las ineficiencias y oportunidades de mejora en el proceso de comisionamiento.

Para el uso de BPMN Weske (2024) describe los elementos clave del BPMN para el desarrollo del modelado de procesos como se detallan a continuación:

**Eventos.** Representan algo que ocurre en el proceso y afecta su flujo.

### **Figura 1**

#### *Eventos*



*Nota.* Eventos. Tomado de. <https://edraw.wondershare.es/what-is-bpmn.html>

- Tipos:
  - Evento de inicio: Marca el punto donde comienza el proceso (círculo vacío).
  - Evento intermedio: Indica algo que ocurre durante el proceso, como un retraso o

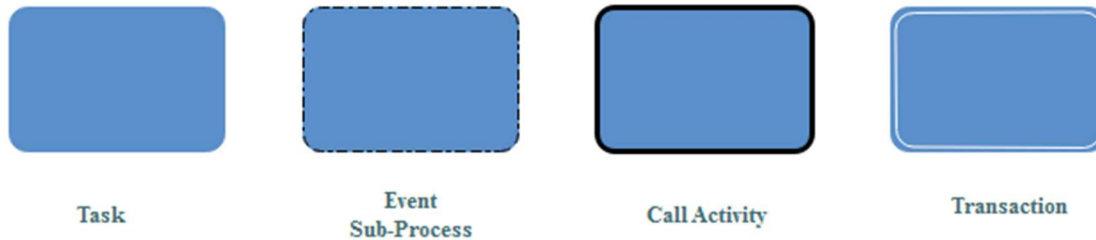
una acción externa (círculo con doble borde).

- Evento de fin: Señala dónde termina el proceso (círculo con borde grueso).

**Actividades.** Representan tareas o trabajos que deben realizarse dentro del proceso.

## Figura 2

### Actividades



*Nota.* Actividades. Tomado de. <https://edraw.wondershare.es/what-is-bpmn.html>

- Tipos:

- Tareas: Son actividades básicas, representadas por un rectángulo con bordes redondeados.

- Subprocesos: Indican que una tarea es compleja y puede desglosarse en pasos más detallados.

- Tareas automáticas: Actividades realizadas por un sistema sin intervención humana.

**Gateways (Puertas de Decisión).** Representan puntos donde el flujo del proceso puede dividirse o combinarse.

**Figura 3***Gateways (Puertas de Decisión)*

*Nota.* Gateways. Tomado de. <https://edraw.wondershare.es/what-is-bpmn.html>

- Tipos:
  - Gateway exclusivo (XOR): Una decisión en la que solo un camino es seleccionado (rombo con una "X").
  - Gateway paralelo (AND): Se ejecutan todos los caminos al mismo tiempo (rombo con un "+").
  - Gateway inclusivo (OR): Permite seleccionar uno o más caminos (rombo vacío o con un círculo pequeño).

**Flujos.** Representan el movimiento de la información.

- Flujo de secuencia:

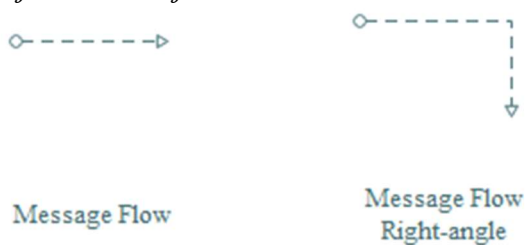
**Figura 4***Flujo de secuencia*

*Nota.* Flujo de secuencia. Tomado de. <https://edraw.wondershare.es/what-is-bpmn.html>

- Descripción: Representa el orden en que las actividades o eventos ocurren.
- Símbolo: Línea sólida con una flecha que conecta dos elementos.
- Flujo de mensaje:

### Figura 5

#### Flujo de Mensaje



Nota. Flujo de Mensaje. Tomado de. <https://edraw.wondershare.es/what-is-bpmn.html>

- Descripción: Muestra el intercambio de información entre diferentes participantes.
- Símbolo: Línea discontinua con un círculo en el origen y una flecha.
- Asociación:

### Figura 6

#### Asociación



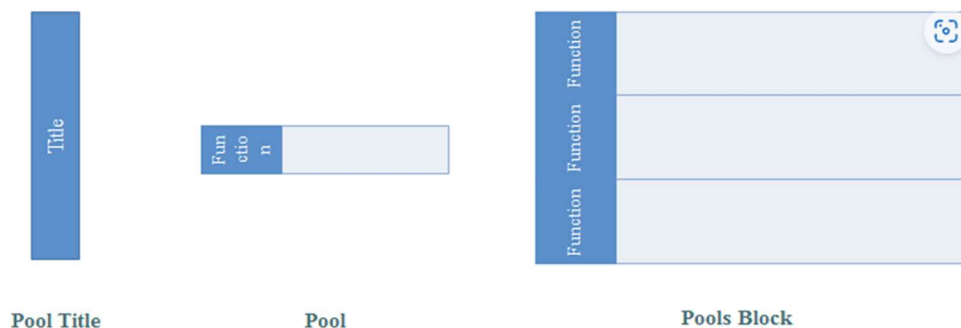
Nota. Flujo de Asociación. Tomado de. <https://edraw.wondershare.es/what-is-bpmn.html>

- Descripción: Una Asociación se representa por una línea punteada. Se utiliza para asociar un Artefacto, datos o texto a un Objeto de Flujo.

**Piscinas y Carriles (Pools y Lanes).** Representan a los participantes o roles en el proceso.

## Figura 7

### *Piscinas y Carriles*



**Pool Title**

**Pool**

**Pools Block**

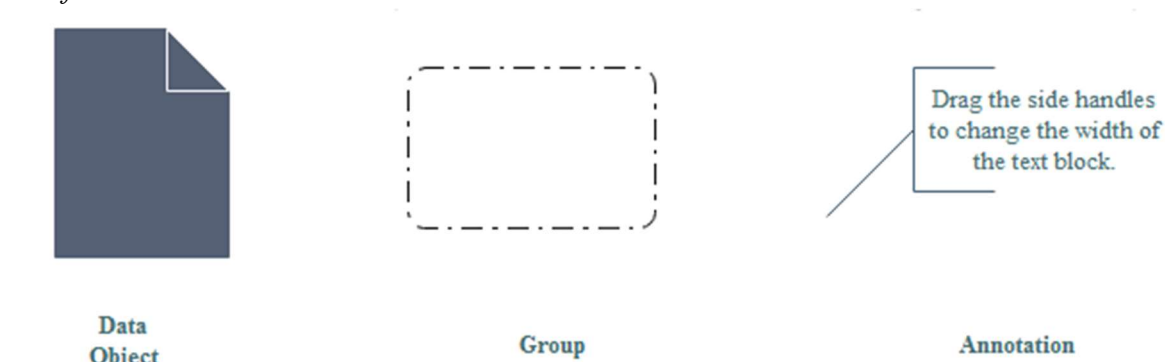
*Nota.* Piscinas y Carriles. Tomado de. <https://edraw.wondershare.es/what-is-bpmn.html>

- Piscinas (Pools): Representan entidades o participantes principales en un proceso.
- Carriles (Lanes): Dividen las piscinas para representar departamentos, roles o áreas específicas.

**Artefactos.** Ayudan a dar más contexto al proceso.

## Figura 8

### *Artefactos*



*Nota.* Artefactos. Tomado de. <https://edraw.wondershare.es/what-is-bpmn.html>

- Tipos:
  - Datos: Documentos o información necesaria para realizar actividades.
  - Grupos: Para agrupar actividades relacionadas sin afectar el flujo.
  - Anotaciones: Agregan comentarios explicativos.

Dada su claridad, estandarización y amplia adopción en la industria, BPMN resultó la herramienta ideal para modelar el proceso de comisionamiento en Massy Energy Colombia. Este modelado del estado futuro (TO-BE) se define bajo el principio de eliminar los pasos manuales y basados en papel. La solución tecnológica resultante del diseño BPM (apoyada en la capacidad de ejecución de sistemas BPMS) permite que los ingenieros ejecuten flujos de aprobación y que los trabajadores de campo reporten actividades a través de una aplicación web o móvil. Este sistema digital, al eliminar la necesidad de un operador dedicado, facilita la adaptación del flujo de trabajo a nuevas demandas y asegura un mecanismo de monitoreo y medición para la mejora continua.

## **Marco Conceptual**

### *Análisis de Metodologías Actuales*

Dentro de las metodologías actuales para el diseño y modelado de procesos en un grupo de ingeniería podemos destacar:

**Business Process Model and Notation (BPMN).** Como se detalló en el *Marco Teórico*, la Notación y Modelo de Procesos de Negocio (BPMN), a través de su extensión BPMN++ (Vogel-Heuser et al., 2022), es una herramienta clave para la gestión de aspectos organizacionales y de ingeniería de sistemas en entornos de producción ciber-físicos. Ofrece una notación uniforme y facilidad de modificación, facilitando la comprensión de procesos.

**Lean Six Sigma.** Luis, L. (2024) define Lean Six Sigma (LSS) como una técnica de gestión enfocada en proyectos. Esta metodología integra los principios de Lean manufacturing y Six Sigma. Su objetivo principal es eliminar el desperdicio operacional y minimizar la variabilidad en los procesos. Es reconocida por su estrategia metódica de resolución de problemas, buscando aumentar la productividad y la satisfacción del

cliente. Además, contribuye al éxito corporativo general. LSS combina análisis estadístico con conocimientos cualitativos, ofreciendo un enfoque integral para la mejora de procesos en diversos sectores.

**Design Thinking.** Dell’Era et al. (2025) lo conceptualizan como un enfoque que consta de tres mentalidades principales y tres acciones correspondientes:

### ***Mentalidades.***

Centrada en el ser humano (*Human-centered mindset*), esta mentalidad pone a las personas —usuarios, clientes y stakeholders— en el centro del proceso de innovación. Implica observar, empatizar y comprender profundamente sus necesidades, motivaciones y contextos. En el artículo, los autores destacan que esta mentalidad es el punto de partida para redefinir los problemas y orientar las soluciones hacia la creación de valor social y emocional.

Razonamiento abductivo (*Abductive reasoning mindset*), se refiere a la capacidad de formular hipótesis e inferir posibles soluciones ante problemas abiertos o inciertos. Permite combinar la intuición con la evidencia empírica para generar ideas novedosas y plausible. Según Dell’Era et al. (2025), esta mentalidad traduce la ambigüedad en oportunidad y estimula la creatividad racional dentro del proceso de innovación.

Aprender del fracaso (*Learning from failure mindset*), Promueve una cultura de experimentación continua, en la cual los errores son vistos como fuentes de conocimiento. Está vinculada con la disposición a iterar, probar, fallar y ajustar soluciones antes de su implementación definitiva. Los autores subrayan que esta mentalidad es esencial para acelerar el aprendizaje y reducir la incertidumbre en proyectos de innovación.

### ***Acciones.***

Descubrimiento (*Discovery*), Explorar y comprender el contexto del usuario y del

problema. Asociada con la mentalidad centrada en el ser humano.

Ideación (*Ideation*), Generar, visualizar y combinar múltiples ideas posibles.

Relacionada con el razonamiento abductivo.

Experimentación (*Experimentation*), Construir y probar prototipos para validar hipótesis y aprender. Directamente conectada con la mentalidad de aprender del fracaso.

**Agile BPM.** Bernardo Júnior y Dallavalle de Padua (2023) plantean que el enfoque de Agile BPM surge como una evolución del tradicional Business Process Management (BPM) para responder a la necesidad de que los procesos empresariales se adapten con rapidez y flexibilidad a entornos dinámicos. Según los autores, Agile BPM se define como “la promoción del BPM en la cual los practicantes estimulan el cambio de forma rápida y flexible para satisfacer las demandas organizacionales con cumplimiento normativo y una mejor experiencia de cliente”.

### ***Definición del Proceso de Comisionamiento***

El análisis del proceso de comisionamiento, fundamental para la gestión eficaz del ciclo de vida de los activos, en relación se fundamenta rigurosamente en la Guía EDP-G-013 de Ecopetrol (2020). Esta guía establece un modelo de certificación riguroso, compilando la experiencia del Grupo Empresarial, normas de la industria y mejores prácticas, cuyo objetivo primordial es demostrar la seguridad y confiabilidad operativa de las instalaciones. El proceso se articula a través de cinco fases esenciales, alineadas con el ciclo de Ecopetrol Desarrollo de Proyectos (EDP).

**Fases I, II y III: Caracterización, Selección y Definición (Planificación Estratégica).** Las etapas iniciales sientan las bases para la ejecución integral del proyecto. Las Fases I (Caracterización) y II (Selección) se enfocan en la estimación de

recursos y tiempos requeridos, labor delegada al Líder de Comisionamiento del proyecto. Esta estimación se construye a partir de la compilación y el uso de datos paramétricos provenientes de proyectos ejecutados previamente en Ecopetrol S.A..

El núcleo de la planificación se consolida en la Fase III (Definición), donde se desarrolla el Plan de Comisionamiento formal. Este plan debe armonizar con el nivel de ingeniería, el plan de Construcción y/o el Plan de Desarrollo de Proyectos (PDT) existentes. La Gerencia de Comisionamiento juega un rol directivo al establecer los lineamientos específicos para el Completamiento Mecánico (pruebas no funcionales o en frío) y el Comisionamiento (pruebas funcionales o en caliente). Los entregables esenciales de esta fase de Planeación incluyen la definición de la matriz de sistemas y subsistemas, crucial para delimitar el alcance de la certificación; la estimación detallada de los recursos necesarios, tales como personal, equipos, herramientas, asistencias técnicas y requerimientos logísticos; y la obligatoria actualización de la estimación de costos del proyecto.

**Fase IV: Ejecución y Entrega (Materialización Operativa).** La Fase IV (Ejecución) abarca la implementación operativa del plan de comisionamiento y culmina con la transferencia formal de la instalación a la Autoridad de Operaciones. La subfase de Planeación dentro de esta etapa requiere la actualización de la matriz de Sistemas y Subsistemas (en caso de ser necesario) y la elaboración de las matrices de certificación (Completamiento Mecánico y Comisionamiento), las cuales deben estar alineadas con la secuencia de arranque determinada por la ingeniería de detalle. Además, se actualizan los recursos y los costos proyectados, reflejando el avance real del proyecto.

La subetapa de Ejecución comprende múltiples actividades críticas, integrando la gestión de la calidad y la preservación de activos. Esto incluye la preservación de equipos y materiales

desde su recibo en sitio hasta la entrega a Comisionamiento mediante el certificado AC1, así como la preservación desde la recepción AC1 hasta la entrega HC1 a Operaciones.

Las actividades operacionales fundamentales son: atestiguar y recibir el Completamiento Mecánico; realizar el levantamiento, seguimiento y control de los pendientes constructivos; la ejecución del Comisionamiento; la aprobación del hito de completamiento mecánico por Subsistemas; y el liderazgo de las asistencias técnicas requeridas. Adicionalmente, se debe indicar el hito de Listo para RSPA (Revisión de Seguridad Pre-Arranque) de acuerdo con la estrategia de arranque del proyecto.

Complementariamente, se desarrolla la Estrategia de Mantenimiento y la caracterización técnica de los equipos con el personal de Operación asignado. La fase se cierra con la Entrega, que implica la transferencia formal de los sistemas a Operaciones y el acompañamiento posterior durante la puesta en marcha y la estabilización del activo.

**Fase V: Cierre (Finalización Administrativa y Contractual).** La Fase V (Cierre) garantiza la conclusión formal del proceso de Comisionamiento. Esta fase se enfoca en el seguimiento y control para el cierre de los pendientes clasificados como tipo B, el acompañamiento a las pruebas de desempeño, y la formalización indispensable del cierre de los vehículos contractuales que se requirieron durante el proceso de Comisionamiento.

## **Marco Contextual**

### ***Estructura Organizacional***

La multinacional Massy Energy Colombia atiende actualmente a más de 38 cliente en diferentes sectores industriales.

Tras una revisión detallada de Colombia, y un análisis de las condiciones

económicas, que había una clase media creciente y un Gobierno con macro políticas serias, se estableció en el país la multinacional Massy Group, aportando conocimiento, trayectoria y experiencia a través de su empresa Massy Energy Colombia. Actualmente Massy Energy Colombia atiende sectores como oil & gas, petroquímico, biocombustible, energético, minero e industrial, ofreciendo a sus clientes servicios de alta calidad.

## Figura 9

### Ubicación de Empresas de Massy Energy



*Nota.* Ubicación de oficinas Massy Energy. Tomado de. <https://massyenergy.co/massy-energy-colombia/>

Desde su llegada al país, la compañía ha logrado un crecimiento y aceptación importante, a tal punto que actualmente tiene más de 38 clientes en los diversos subsectores en los que trabaja, los cuales están ubicados a lo largo y ancho de la geografía nacional.

Entre el portafolio de servicios de la multinacional se encuentran servicios de Ingeniería, Proyectos, Cadena de Suministro o Supply Chain Management, Servicios Técnicos, comisionamiento, Operación, Mantenimiento, Gestión de Activos y Representaciones.

## ***Cultura Organizacional***

**Cultura de Protección de la Vida.** Massy Energy Colombia prioriza el interés *en* el trabajador y su bienestar. A pesar de que las tareas son de alto riesgo, la Compañía asegura ambientes de trabajo seguros y también implementa estrategias para que sus colaboradores no sufran riesgos ni accidentes, y regresen sanos y salvos a sus hogares.

**Innovación en la Prestación de Servicio.** La Compañía se interesa genuinamente en entender la estrategia de negocio del cliente y ser un aliado en el logro de sus objetivos, así como busca agregar valor al portafolio que tienen a través de alternativas para generar alianzas estratégicas con compañías nacionales e internacionales, lo que permite estar a la vanguardia de las necesidades del mercado.

**Responsabilidad Social.** “Nuestro propósito es ‘ser una fuerza para el bien, que crea valor y transforma vidas’, teniendo en cuenta esto, hemos logrado impactar de forma positiva la vida de cada una de nuestros empleados y comunidades; generando empleo, adquiriendo bienes y contratando servicios con proveedores locales, sumado a espacios de entrenamiento y capacitación en las comunidades para que puedan tener oportunidades de trabajo y crecimiento en la compañía”.

**Cultura de Servicio.** Este es uno de los pilares de la empresa; a través de la construcción de relaciones duraderas con los clientes, lo cual les ha permitido entender las necesidades y construir mano a mano, estrategias que apalancan logros en cualquier negocio, gracias a la prestación de un servicio correcto y a tiempo.

**Trabajo con Base en Valores.** Existe una estrecha relación entre compañía y cliente; lo cual les ha permitido establecer una serie de valores que conllevan a que el trabajo se haga correctamente y se alcancen los resultados propuestos.

Esas acciones han llevado a que actualmente Massy Energy tenga más de 1.800 empleados y que su operación se realice desde Nariño hasta La Guajira.

Otra de sus metas es consolidarse como la mejor alternativa para aquellas empresas que desean ingresar a Colombia a través del modelo de negocio de representaciones y/o alianzas.

Para Massy Energy es fundamental que su participación en el mercado siga creciendo y adicionar al portafolio actual la inversión en activos operativos en los sectores energético e industrial.

### Figura 10

*Estructura Organizacional de Massy Energy.*



*Nota.* Estructura organizacional de Massy energy, tomado de <https://massyenergy.co/>

### *Procesos Estratégicos*

**Declaración Gerencial.** Somos conscientes que la protección de la salud y la seguridad en todas las operaciones son nuestra máxima prioridad propiciando un entorno de trabajo sano y

seguro para que todos regresemos sanos y salvos a casa.

**Política Integral HSEQ.** Declaramos nuestra coherencia entre los principios de Massy Energy Colombia S.A.S. y los criterios del Sistema de Gestión que integra los conceptos de Calidad, Gestión Ambiental, Gestión en la Seguridad y Salud en el Trabajo.

**Derechos Humanos.** Afirmamos nuestro compromiso con los principios establecidos en la Declaración Universal de DD.HH. y el Plan Nacional de Acción en Empresas y DD.HH. de Colombia por medio de una gestión atenta a proteger, respetar y remediar.

**Responsabilidad Social Empresarial.** Actuar socialmente responsable es reconocer el impacto de nuestras decisiones y actividades sobre nuestros colaboradores y sus familias, clientes, proveedores, accionistas y la comunidad en general.

**Política Tratamiento de Datos Personales.** Protegemos la confidencialidad de tus datos personales, seguridad de la información, y los tratamos de acuerdo con las políticas y lineamientos de ley. Conoce nuestra política.

**Programa de Transparencia y Ética Empresarial PTEE.** El Programa reafirma el compromiso permanente de Massy Energy Colombia S.A.S. y sus filiales, en mantener altos principios morales y éticos.

**Sistema de Autocontrol y Gestión del Riesgo Integral de Lavado de Activos Financiamiento del Terrorismo y Financiamiento de la Proliferación de Armas de Destrucción Masiva (SAGRILAFI).** Massy Energy Colombia S.A.S. y sus filiales a través del sistema adopta políticas y procedimientos para evitar que los riesgos de lavado de activos, financiación del terrorismo y financiación de la proliferación de armas de destrucción masiva sucedan a través de la realización de la actividad de la compañía.

### ***Misión de Massy Energy***

Somos una empresa que presta servicios, a través de una cultura de innovación con personal comprometido. Operamos con procesos eficientes alineados a las necesidades de nuestros clientes, asegurando la calidad, integridad, seguridad, salud y medio ambiente en todas nuestras operaciones.

### ***Visión de Massy Energy***

Ser reconocidos por estar adelante de las necesidades de la industria con base en la competencia de nuestra gente, la permanente innovación y con nuestros valores como el centro de todo lo que hacemos, logrando un desarrollo sostenible.

Ouabira (2025) define el proceso de puesta en marcha (Comisionamiento) es un proceso centrado en la calidad para mejorar la entrega de un proyecto al lograr, validar y documentar el desempeño de los elementos de la instalación en el cumplimiento de los objetivos y criterios del propietario. El Comisionamiento se extiende a través de todas las fases de proyectos de renovación nuevos o importantes, desde el prediseño hasta la ocupación del propietario, con tareas durante cada fase para garantizar la verificación del diseño, la construcción y la capacitación del operador.

Actualmente Massy Energy centra el desarrollo de sus actividades de comisionamiento amparados en su principal cliente Ecopetrol S.A., debido a su relación contractual Massy Energy se ajusta a las políticas y guías de su cliente.

## Metodología

### Selección y Diseño de la Metodología Seleccionada

Este proyecto aplicará una metodología investigativa, combinando técnicas de recolección de datos cualitativos (encuestas a stakeholders, revisión de documentos y observación directa) con la implementación de Lean Six Sigma y el enfoque BPM. Esto permitirá mejorar la eficiencia y calidad de los procesos productivos, estructurando y optimizando el comisionamiento.

### *Metodología Lean Six Sigma*

**Integración Dentro del Ciclo de Vida de BPM.** Hilty et al. (2023) en su libro dejan claro que Lean Six Sigma no es un competidor de BPM, sino un componente clave que se activa principalmente en la fase de mejora o transformación de un proceso.

El flujo lógico que presenta es:

Primero, se usan otras áreas de conocimiento de BPM (como el Modelado de Procesos y la Medición de Procesos) para entender y cuantificar el estado actual ("As-Is") de un proceso.

Luego, se aplica la metodología Lean Six Sigma para analizar las causas raíz de los problemas y diseñar e implementar una solución efectiva.

Finalmente, se utilizan las prácticas de BPM para sostener las ganancias y gestionar el nuevo proceso mejorado ("To-Be") a lo largo del tiempo.

**El Ciclo DMAIC como Marco de Ejecución.** Hilty et al. (2023) también se centran en el ciclo DMAIC como el marco fundamental de Lean Six Sigma para ejecutar proyectos de mejora.

Las fases clave se describen de la siguiente manera:

***Definir (Define).*** Esta fase se alinea con la gestión de proyectos de BPM. Consiste en

definir claramente el problema, el alcance del proyecto, los objetivos y los beneficios financieros. Se enfoca en entender la "Voz del Cliente" (Voice of the Customer - VOC) para asegurar que la mejora esté alineada con sus expectativas.

**Medir (Measure).** En esta fase se recopilan datos para medir el rendimiento actual del proceso. Se establecen las métricas base (baseline) y se valida el sistema de medición para asegurar que los datos sean confiables.

**Analizar (Analyze).** Se utilizan herramientas estadísticas y de análisis para identificar, validar y seleccionar la causa raíz del problema. El objetivo es tomar decisiones basadas en datos y no en suposiciones. Se analizan las relaciones causa-efecto para entender por qué el proceso no funciona como se espera.

**Mejorar (Improve).** En esta fase se proponen, prueban e implementan soluciones para eliminar las causas raíz. Se fomenta la creatividad y la innovación para diseñar un nuevo proceso ("To-Be") que sea significativamente mejor. Aquí se aplican muchas de las herramientas "Lean".

**Controlar (Control).** Esta es la fase final para asegurar que las mejoras se mantengan en el tiempo. Se estandariza el nuevo proceso, se actualiza la documentación, se capacita al personal y se implementan sistemas de control (como gráficos de control estadístico) para monitorear el rendimiento y reaccionar si el proceso se desvía.

**La Fusión de Lean y Six Sigma.** Hilty et al. (2023) también destacan la sinergia entre las dos metodologías que componen LSS:

**Lean.** Se enfoca en la eliminación del desperdicio (Muda) y en la mejora de la velocidad y el flujo del proceso. Se mencionan herramientas como el Mapeo de la Cadena de Valor (Value Stream Mapping) para identificar actividades que no agregan valor.

**Six Sigma.** Se enfoca en la reducción de la variabilidad y los defectos en los procesos,

utilizando un enfoque estadístico riguroso para lograr un rendimiento predecible y de alta calidad.

### **Metodología de Implementación del BPMN**

Durante el proyecto, la metodología de implementación del BPMN se define de la siguiente manera, tomando como referencia el uso de BPMN para los modelos AS-IS y TO-BE planteado por Machado (2024):

#### ***Para la Fase de Mapeo de Procesos Actuales (AS-IS)***

Donde se documenta el estado actual de los procesos de producción del departamento, identificando cuellos de botella, redundancias y puntos de ineficiencia se implementa BPMN de la siguiente forma:

Se definen eventos de inicio para identificar dónde comienza cada proceso clave (por ejemplo, la recepción de un documento de comisionamiento).

Se representa las actividades actuales tal y como se realizan, diferenciando tareas manuales, automáticas o híbridas.

Se emplean gateways para mostrar las decisiones o bifurcaciones en los flujos actuales (por ejemplo, "¿Se aprueba el formato de comisionamiento?").

Se identifican los participantes utilizando piscinas y carriles para mostrar qué áreas, roles o sistemas están involucrados en cada etapa.

Se conecta las actividades y eventos con flujos de secuencia para reflejar el orden de ejecución y la relación entre tareas.

Se incluye artefactos (como datos o documentos) que complementan las tareas (por ejemplo, planos de equipos o formatos de certificación).

### ***Para la Fase de Diseño de Procesos Optimizados (TO-BE)***

Donde se diseña el estado futuro del proceso, eliminando pasos innecesarios, automatizando tareas y optimizando el flujo de trabajo, se implementa la notación BPMN de la siguiente forma:

Se usan los elementos eventos, tareas y gateways para rediseñar el flujo del proceso, incluyendo las mejoras identificadas.

Se representa procesos simplificados y optimizados, eliminando redundancias o tareas sin valor agregado.

Se introducen tareas automatizadas para actividades que serán gestionadas por el sistema BPM.

Se redefine las responsabilidades mediante piscinas y carriles, alineando los roles y áreas involucradas con las nuevas tareas.

Se muestra cómo se gestionarán los flujos de comunicación mediante flujos de mensaje, especialmente en casos donde se integren sistemas o áreas externas.

Se detalla los nuevos artefactos o datos requeridos, como formularios digitales o reportes automáticos, para reflejar los cambios tecnológicos.

### ***Para el Análisis de Brechas donde se Identifican las Diferencias entre los Procesos Actuales (AS-IS) y los Optimizados (TO-BE)***

Destacando los cambios necesarios para la transición, se implementa BPM de la siguiente forma:

Se compara los diagramas AS-IS y TO-BE, destacando las áreas donde se producen modificaciones.

Se usa anotaciones en los diagramas BPMN para resaltar tareas eliminadas, simplificadas

o automatizadas.

Se identifica y marca las brechas en:

- Flujos de trabajo: resaltando tareas eliminadas o cambiadas.
- Roles y responsabilidades: Cambios necesarios en los participantes.
- Datos y artefactos: Documentos o sistemas que se actualizan o implementan.

Se integran los resultados del análisis de brechas con un diagrama comparativo que contraste ambos estados.

### **Tipo de Investigación**

Para el desarrollo se aplicará una investigación de tipo mixto, que combina elementos de investigación cualitativa y cuantitativa. De acuerdo con Hernández-Sampieri (2023), este enfoque permite integrar la profundidad del análisis cualitativo con la medición rigurosa propia de los métodos cuantitativos en un mismo estudio.

#### ***Investigación Cualitativa***

Esta parte del estudio se centrará en comprender las necesidades, expectativas y experiencias de los empleados y otros actores involucrados en los procesos de comisionamiento. Se utilizarán técnicas como entrevistas, grupos focales y observaciones para recopilar información sobre las prácticas actuales, los desafíos y las oportunidades de mejora. Este componente cualitativo coincide con la definición de Hernández-Sampieri (2023), quien describe la ruta cualitativa como aquella orientada a comprender significados, percepciones y experiencias en profundidad, a partir de datos fundamentalmente textuales y contextuales.

#### ***Investigación Cuantitativa***

Esta parte del estudio se centrará en analizar datos numéricos relacionados con los procesos de comisionamiento, como tiempos de respuesta, eficiencia y efectividad. Se utilizarán

técnicas como análisis de datos históricos, encuestas y mediciones de desempeño para identificar patrones, tendencias y áreas de mejora. El componente cuantitativo se alinea con la perspectiva de Hernández-Sampieri (2023) respecto a los estudios que analizan variables medibles mediante datos numéricos, con el fin de describir, explicar o predecir fenómenos a partir de procedimientos estadísticos.

Al combinar estos dos enfoques, se obtiene una visión completa de los procesos productivos del departamento de comisionamiento y permite diseñar un BPM que aborde eficazmente las necesidades identificadas. Además, este enfoque mixto permitirá validar y ajustar el diseño del BPM a lo largo del proyecto, asegurando que se adapte a las condiciones y requerimientos específicos de la organización.

### **Técnicas de Instrumentación de Recolección de Datos**

En el desarrollo se aplicaron las siguientes técnicas de instrumentación de recolección de datos:

#### ***Entrevistas***

Se realizarán entrevistas semiestructuradas o estructuradas con empleados, líderes de área y otros actores involucrados en los procesos de comisionamiento para obtener información detallada sobre sus experiencias, opiniones y sugerencias.

#### ***Grupos Focales***

Se organizarán grupos focales con empleados y otros actores clave para discutir y analizar los procesos de comisionamiento actuales, identificar desafíos y oportunidades de mejora.

#### ***Observación Directa***

Se observarán los procesos de comisionamiento en acción para comprender cómo se

llevan a cabo en la práctica y detectar posibles ineficiencias o problemas.

### ***Análisis de Documentos***

Se revisarán los documentos relacionados con los procesos de comisionamiento, como entregables resultados de la ejecución de estos procesos, para obtener información sobre las prácticas actuales y los requisitos normativos.

### ***Encuestas***

Se diseñan y distribuyen encuestas a 15 empleados y otros actores involucrados en los procesos de creación de comisionamiento para recopilar datos cuantitativos y cualitativos sobre aspectos específicos, como la satisfacción con los procesos actuales, la percepción de la eficiencia y la efectividad, y las áreas de mejora.

**Análisis de Datos Históricos.** Se analizarán datos históricos relacionados con los procesos de comisionamiento, como tiempos de respuesta, costos y resultados, para identificar patrones, tendencias y áreas de mejora.

**Benchmarking.** Se hará una comparación de los procesos de comisionamiento de Massy Energy con los de otras organizaciones similares o líderes en el sector para identificar mejores prácticas y oportunidades de mejora.

A continuación, se presenta una tabla que resume las fases del proyecto, las técnicas aplicadas en cada una de ellas, y los entregables o resultados esperados.

**Tabla 2***Fases del Proyecto, Técnicas Aplicadas y Entregables Esperados*

Fase del Proyecto (Metodología)	Técnicas Aplicadas	Entregables / Resultados Esperados
A. Integración de Lean Six Sigma (DMAIC) con BPM	Metodología de tipo mixto (cualitativa y cuantitativa).	Un marco integral para la mejora continua de procesos.
1. Definir (Define)	Investigación cualitativa: Entrevistas semiestructuradas/estructuradas con empleados y líderes de área, grupos focales con empleados y actores clave, observación directa de procesos de comisionamiento, análisis de documentos. Reuniones con el equipo para entender el proceso actual y validación de diagramas de flujo de mapeo.	Clarificación del problema, alcance del proyecto, objetivos y beneficios financieros. Comprensión de la "Voz del Cliente" (VOC). Identificación de procesos de gestión del comisionamiento (AS-IS). Comprender necesidades, expectativas y experiencias de los empleados.
2. Medir (Measure)	Investigación cuantitativa: Encuestas estructuradas a 15 empleados clave con experiencia en el proceso (preguntas cerradas y escala Likert), análisis de datos históricos (tiempos de respuesta, costos, resultados). Procesamiento de respuestas con Microsoft Excel para análisis descriptivo, porcentajes y frecuencias.	Medición del rendimiento actual del proceso. Establecimiento de métricas base (baseline) y validación del sistema de medición. Datos numéricos sobre eficiencia y efectividad. El proceso AS-IS se estimó en un promedio de 360 horas. Resultados de encuestas AS-IS: 60% percibió el proceso como "poco eficiente", 80% indicó retrasos por aprobaciones manuales, 9 de 15 empleados señalaron "falta de claridad en los procedimientos", y 10 de 15 consideraron herramientas insuficientes.
3. Analizar (Analyze)	Herramientas estadísticas y de análisis. Confirmación de problemáticas identificadas en el proceso AS-IS.	Identificación y validación de la causa raíz del problema. Decisiones basadas en datos para entender por qué el proceso no funciona como se espera. Comprensión profunda de errores recurrentes y cuellos de botella.

Fase del Proyecto (Metodología)	Técnicas Aplicadas	Entregables / Resultados Esperados
4. Mejorar (Improve)	Diseño de procesos optimizados (TO-BE) utilizando la notación BPMN (eventos, actividades, gateways, flujos, piscinas, carriles, artefactos). Herramientas "Lean" para eliminar desperdicios. Uso de Bizagi para simulación de procesos TO-BE. Implementación de herramientas tecnológicas como Smart Completion de Hexagon.	Propuesta e implementación de soluciones para eliminar las causas raíz. Diseño de un nuevo proceso "TO-BE" significativamente mejor. Eliminación de pasos manuales y basados en papel. Rutinas de comisionamiento personalizadas. Flujos de aprobación ejecutados por ingenieros y reportes de campo vía aplicación web/móvil. Reducción del 43% en el tiempo total del proceso (de 360 a 204 horas). Reducción del 50% en la duración de las fases de validación y aprobación. Reducción de redundancias, mayor trazabilidad, automatización de tareas manuales, disminución de errores. Mejora operativa cuantificable del 20-25% en las fases de aprobación. Modelo BPM mejorado, diseño del modelo optimizado TO-BE, y documentación de procesos mejorados.
5. Controlar (Control)	Estandarización y monitoreo de procesos. Implementación de sistemas de control (gráficos de control estadístico). Medición de KPIs (tiempos de respuesta, costos operativos, satisfacción del cliente). Encuestas post-capacitación TO-BE.	Mantenimiento de las mejoras en el tiempo. Monitoreo continuo y ajustes oportunos para optimizar la eficiencia del proceso. Resultados de encuestas TO-BE: 87% de empleados percibieron procesos como "Muy eficientes", 93% consideraron "Muy clara" la claridad de sus responsabilidades, y el nivel de satisfacción general alcanzó un 93% en el nivel más alto. Evaluación del proceso mejorado.
B. Análisis de Brechas	Comparación de diagramas AS-IS y TO-BE. Uso de anotaciones en diagramas BPMN para resaltar modificaciones. Identificación de brechas en flujos de trabajo, roles, responsabilidades, datos y artefactos.	Identificación de las diferencias entre los procesos actuales (AS-IS) y los optimizados (TO-BE), destacando los cambios necesarios para la transición. Una tabla comparativa AS-IS vs. TO-BE detallando estandarización, automatización, integración

Fase del Proyecto (Metodología)	Técnicas Aplicadas	Entregables / Resultados Esperados
C. Capacitación y Alineación del Personal	Programas de capacitación.	de datos, roles, control y documentación. Asegurar que los usuarios clave comprendan los cambios y operen eficientemente. Personal capacitado para el uso del nuevo sistema BPM.
D. Optimización de Recursos y Reducción de Costos	(Transversal a todas las fases de mejora)	Mayor eficiencia en la ejecución del comisionamiento, reducción de costos operativos y mejora de tiempos de respuesta.
E. Mejora Continua (Transversal)	Monitoreo y medición de desempeño con indicadores clave (KPIs). Análisis de los flujos de trabajo diseñados e implementación de mejoras continuas. Retroalimentación del personal.	El sistema BPM permite la adaptación del flujo de trabajo a nuevas demandas. Identificación de nuevas áreas de mejora. Documentación y aprovechamiento del conocimiento.

*Nota.* Fases del Proyecto, Técnicas Aplicadas y Entregables Esperados, autoría propia.

## Análisis y Resultados

### Análisis del Proceso AS-IS

El caso de estudio inicia con el análisis y situación actual de la empresa. En primer lugar, se llevaron a cabo reuniones con el equipo de puesta en servicio de Massy Energy para comprender sus necesidades.

Definidas las prioridades, se inició la recolección de requerimientos y mapeo del proceso actual, para ello se llevó a cabo:

- Reuniones con el equipo para entender el proceso actual.
  - Encuestas con trabajadores involucrados en las actividades diarias.
  - Estudio de documentos relacionados con los procedimientos de puesta en servicio.
  - Uso y prueba de software existente.
  - Mapeo de procedimientos de verificación de artículos, verificación de mallas y conservación.
- Se realizaron reuniones/grupos focales para validación de diagramas de flujo de mapeo.

### *Recolección y Análisis de Datos*

**Instrumentos de Recolección de Datos.** Para obtener información detallada sobre el estado actual del proceso de comisionamiento, se diseñó una encuesta estructurada dirigida a los colaboradores del área. La encuesta contenía preguntas cerradas de opción múltiple y preguntas con escala de Likert para evaluar la eficiencia del proceso. La muestra estuvo conformada por 15 empleados con experiencia en el proceso.

Sánchez (2024) explica que la encuesta se emplea frecuentemente como una técnica de recolección de datos estandarizada, en la cual se diseñan cuestionarios que permiten obtener

información de muestras representativas de una población. Asimismo, el autor indica que su aplicación también puede entenderse como parte de un método de investigación más amplio, donde el instrumento (cuestionario) forma parte de un proceso estructurado que incluye el diseño muestral, la validación del cuestionario, la aplicación propiamente dicha y el análisis de los datos obtenidos. En este enfoque, la encuesta trasciende su dimensión técnica y se convierte en una estrategia metodológica dentro de investigaciones sociales, organizacionales o académicas.

**Procesamiento y Análisis de Datos.** Las respuestas fueron procesadas utilizando Microsoft Excel, donde se aplicaron técnicas de análisis descriptivo. Se calcularon porcentajes y frecuencias para cada variable de interés, y los resultados se representaron en gráficos de tortas (Ver apéndices) para identificar tendencias y problemáticas específicas.

Sánchez (2024) explica que las preguntas cerradas permiten obtener información cuantitativa dentro de un esquema claramente estructurado, ya que ofrecen al encuestado un conjunto fijo de opciones de respuesta que facilita su posterior tratamiento estadístico. No obstante, esta misma estructura puede reducir la profundidad de la información recopilada, pues los participantes pueden verse obligados a seleccionar alternativas que no reflejan del todo su percepción. Por ello, su diseño exige especial precisión y cuidado; sin embargo, una vez definidas adecuadamente, su interpretación y análisis resultan más simples y directos.

**Resultados Preliminares de las Encuestas.** La evaluación de los datos empíricos, resultante de este riguroso procesamiento estadístico y descriptivo, permitió identificar deficiencias operativas específicas en el estado actual (AS-IS). Los resultados preliminares obtenidos mediante la encuesta estructurada a los 15 empleados clave demuestran que el 60% de los encuestados considera que el proceso actual es "poco eficiente", atribuyendo esta percepción a la duplicidad de esfuerzos y a la falta de integración de herramientas digitales.

Complementariamente, un porcentaje significativo del 80% de los participantes indicó que las aprobaciones ejecutadas de forma manual son la causa directa de los retrasos en las operaciones. Estos hallazgos validan la necesidad de estructurar y automatizar los procesos productivos mediante la implementación de un sistema de Business Process Management (BPM), tal como se sustenta la investigación.

**Relación con el Diagnóstico del Estado Actual (AS-IS).** Los hallazgos de la encuesta confirman las problemáticas identificadas en el análisis del proceso AS-IS, como la falta de automatización y la duplicidad en la verificación de documentos. Esta información respalda la necesidad de un modelo TO-BE que optimice la trazabilidad y reduzca la carga operativa.

Las encuestas generan datos que deben ser organizados y analizados de manera sistemática. Según Medina et al. (2023), los resultados obtenidos mediante este instrumento suelen representarse en tablas de frecuencia y figuras, apoyándose en técnicas de estadística descriptiva e inferencial para su adecuada interpretación. Este procesamiento permite transformar las respuestas de los participantes en información cuantitativa útil. Estos procedimientos analíticos permiten comprender tanto los elementos objetivos de los datos como las percepciones subjetivas expresadas por los encuestados.

### ***Resultados de la Encuesta AS-IS***

Se realizó una encuesta a 15 empleados del departamento de comisionamiento de Massy Energy Colombia con el objetivo de evaluar la eficiencia y problemáticas de los procesos actuales de comisionamiento, identificar el uso de herramientas tecnológicas y recoger propuestas de mejora.

**Tabla 3***Resultados Encuesta AS-IS***1. Percepción de los Procesos Actuales****1. Eficiencia de los Procesos**

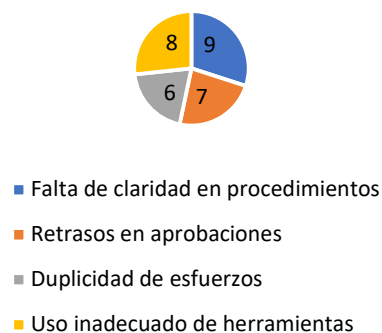
Categoría	Cantidad
Muy eficiente	2
Eficiente	4
Poco eficiente	6
Ineficiente	3



Los resultados de la pregunta 1.1 de la encuesta AS-IS evidencian que el 60 % de los trabajadores perciben el proceso de comisionamiento como poco eficiente o ineficiente, lo cual confirma la existencia de reprocesos, demoras y baja trazabilidad. Este hallazgo coincide con lo planteado por Weske (2024) y Hilty et al. (2023), quienes afirman que los procesos manuales y fragmentados generan ineficiencia operativa y pérdida de control documental. En este sentido, los resultados empíricos del proyecto confirman las debilidades teóricas descritas en la literatura para organizaciones intensivas en activos.

**2. Principales Problemáticas**

Problema	Cantidad
Falta de claridad en procedimientos	9
Retrasos en aprobaciones	7
Duplicidad de esfuerzos	6
Uso inadecuado de herramientas	8



Los resultados de la pregunta 1.2 muestran que las principales problemáticas del proceso AS-IS son la falta de claridad en los procedimientos (60 %), el uso inadecuado de herramientas (53 %), los retrasos en aprobaciones (47 %) y la duplicidad de esfuerzos (40 %). Estos hallazgos coinciden con lo planteado por Weske (2024) y Hilty et al. (2023), quienes indican que los procesos manuales y fragmentados generan reprocesos, baja eficiencia y deficiencias en la trazabilidad. Asimismo, Barrera-Alvarado et al. (2023) señalan que la falta de estandarización incrementa los errores operativos y la ambigüedad en los procedimientos. En este sentido, los resultados empíricos confirman la necesidad de implementar BPM para mejorar la eficiencia y el control del proceso de comisionamiento.

### 3. Claridad de Responsabilidades

#### Claridad de Roles

	Cantidad
Clara	7
Poco clara	8



■ Clara ■ Poco clara

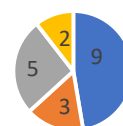
En cuanto a la claridad de responsabilidades en el estado AS-IS de la pregunta 1.3, el 53 % de los trabajadores manifestó que sus funciones son poco claras, lo que evidencia debilidades en la asignación de roles. Este resultado coincide con lo señalado por Barrera-Alvarado et al. (2023), quienes establecen que la ausencia de estandarización en los procesos incrementa la ambigüedad funcional y los errores operativos. Por tanto, la evidencia empírica del proyecto ratifica la necesidad de estructurar los procesos mediante BPM y BPMN.

## 2. Herramientas y Tecnología

### 4. Herramientas Utilizadas

#### Herramienta

	Cantidad
Hojas de cálculo	9
Software especializado	3
Documentos físicos	5
No usa herramientas	2



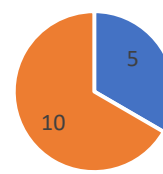
■ Hojas de cálculo ■ Software especializado  
■ Documentos físicos ■ No usa herramientas

Los resultados de la pregunta 2.4 muestran que la mayoría de los trabajadores utilizan hojas de cálculo y documentos físicos, lo que evidencia un bajo nivel de madurez digital. Este comportamiento coincide con lo expuesto por Hilty et al. (2023), quienes señalan que la dependencia de herramientas manuales limita la trazabilidad, la interoperabilidad y el control en los procesos organizacionales. En consecuencia, el diagnóstico AS-IS de Massy Energy refleja una problemática consistente con contextos operativos poco automatizados.

### 5. Herramientas Suficientes

#### Respuesta

	Cantidad
Sí	5
No	10



■ Sí ■ No

Los resultados de la pregunta 2.5 indican que el 67 % de los trabajadores considera que no cuenta con herramientas suficientes, frente a un 33 % que sí las considera adecuadas, lo que evidencia una limitación tecnológica en el proceso AS-IS. Este resultado coincide con lo planteado por Hilty et al. (2023) y Weske (2024), quienes señalan que la insuficiencia de herramientas digitales afecta la trazabilidad, la integración de la información y la eficiencia operativa. En este sentido, los resultados refuerzan la necesidad de implementar una solución BPM apoyada en un sistema tecnológico especializado.

### 3. Oportunidades de Mejora

#### 6. Mejoras Propuestas

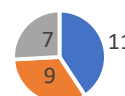
Mejora	Cantidad
Automatización del sistema	12
Reducción de carga manual	10
Capacitación digital	8
Mejora en coordinación	7



Los resultados de la pregunta 3.6 muestran que las principales mejoras propuestas por los trabajadores son la automatización del sistema (80 %), la reducción de la carga manual (67 %), la capacitación digital (53 %) y la mejora en la coordinación (47 %). Estos resultados coinciden con lo planteado por Weske (2024) y Hilty et al. (2023), quienes señalan que la automatización y la estandarización de procesos mediante BPM son factores clave para mejorar la eficiencia, reducir reprocesos y fortalecer la coordinación operativa. En este sentido, las expectativas del personal se alinean con los beneficios teóricos asociados a la implementación de BPM en entornos industriales.

#### 7. Áreas a Automatizar

Área	Cantidad
Aprobación de órdenes	11
Generación de reportes	9
Registro de inspecciones	7

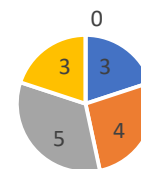


Los resultados de la pregunta 3.7 indican que las principales áreas a automatizar son la aprobación de órdenes (73 %), la generación de reportes (60 %) y el registro de inspecciones (47 %). Estos resultados coinciden con lo planteado por Weske (2024) y Hilty et al. (2023), quienes destacan que la automatización de flujos de aprobación, reportes y registros operativos es fundamental para mejorar la eficiencia, la trazabilidad y el control de los procesos. En este sentido, la evidencia empírica confirma que las prioridades del personal se alinean con los beneficios teóricos del BPM.

### 4. Opinión General

#### 8. Satisfacción con los Procesos

Nivel de Satisfacción	Cantidad
Nivel 1 (Muy bajo)	3
Nivel 2	4
Nivel 3	5
Nivel 4	3
Nivel 5 (Muy alto)	0



Los resultados de la pregunta 4.8 muestran que la mayoría de los trabajadores se concentra en niveles medios de satisfacción (nivel 3 con 33 % y nivel 2 con 27 %), mientras que un 20 % reporta un nivel muy bajo de satisfacción y no se registran valores en el nivel más alto. Este comportamiento coincide con lo señalado por Barrera-Alvarado et al. (2023), quienes indican que los procesos con bajo nivel de estandarización y automatización generan percepciones moderadas o bajas de

satisfacción. En este sentido, la evidencia empírica refuerza la necesidad de intervenir el proceso mediante BPM para elevar los niveles de desempeño y satisfacción.

*Nota.* Resultados de encuesta AS-IS, autoría propia.

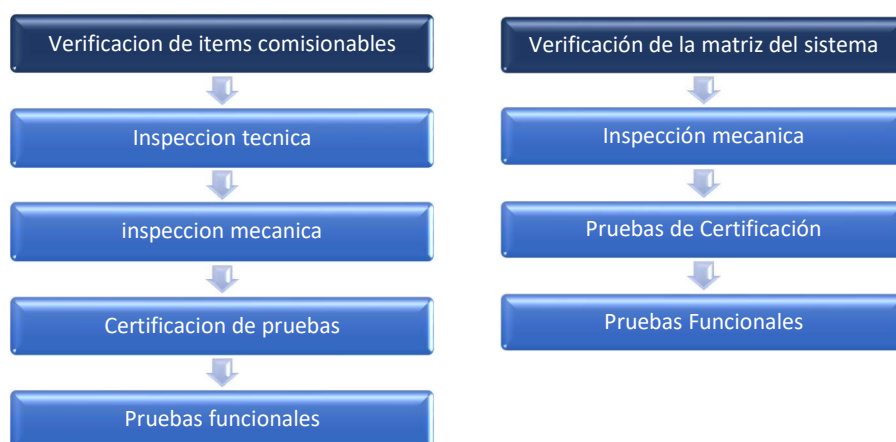
### ***Análisis y Modelado del Estado Actual AS-IS***

El proceso de diagnóstico permitió una comprensión profunda del proceso actual. Se logró identificar errores recurrentes y cuellos de botella en los sistemas y oportunidades de mejora. Durante esta etapa entramos en muchos detalles sobre los procedimientos de puesta en marcha, las dificultades encontradas de los trabajadores en obra y dificultades pequeñas pero que impactan la calidad y eficiencia de procesos.

Los procedimientos de puesta en servicio de Massy Energy se realizan en un sistema de software de base de datos del cliente Ecopetrol. El sistema funciona de forma fija basándose en un flujo desarrollado hace años. El sistema está restringido y no permite cambios de herramientas ni actualizaciones de procesos. Como se indicó anteriormente, el proceso de puesta en servicio consta de tres procedimientos principales; cada uno tiene sus pasos principales.

**Figura 11**

#### *Identificación de Procesos*

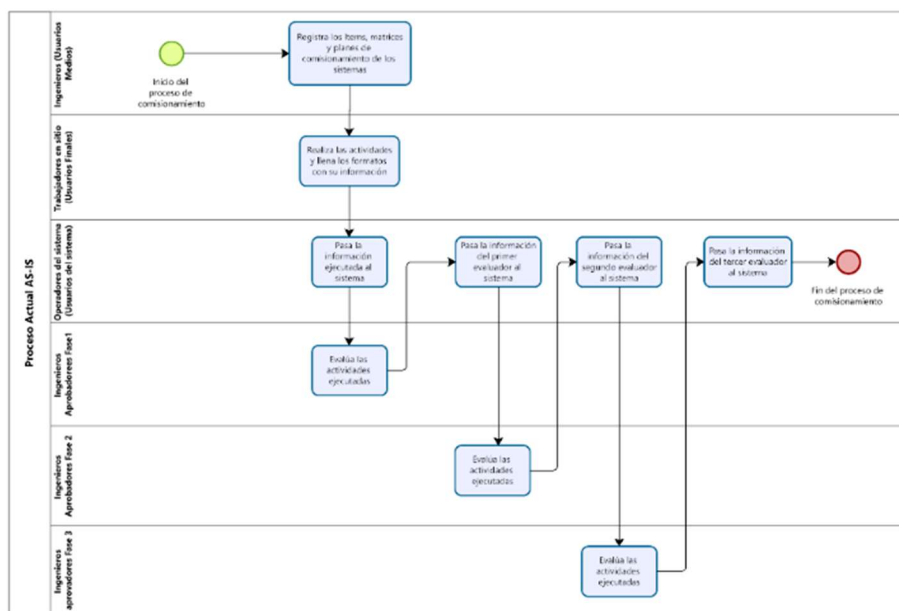


*Nota.* De autoría propia, muestra la identificación de los procesos de comisionamiento.

Actualmente el proceso de control es extenso para la verificación de los ítems, la matriz, para garantizar que las actividades de ejecución se lleven a cabo correctamente y que toda la información del procedimiento se pase al sistema. Es fundamental resaltar que, para cada elemento y matriz etiquetados, existen varias subcategorías, separadas por clases y disciplinas, donde cada una tiene diferentes tareas a realizar. No hay diferencia en el flujo del proceso que tiene el sistema actual. El procedimiento que se realiza para una válvula y una bomba es el mismo a nivel de software y no se puede alterar ni adaptar. La figura 4 representa el proceso actual mapeado.

**Figura 12**

*Modelado Proceso As-Is*



Powered by  
Bizagi  
Modeler

*Nota.* Modelado del proceso AS-IS, de autoría propia con la herramienta Bizagi

Es posible observar el gran número de fases involucradas. Además, es posible ver que existen tres pasos de evaluación. Durante el proceso de mapeo, se comentó que tenerlos todos en cada elemento es repetitivo, agotador y no tiene valor. Además, en ocasiones era un trabajo de la

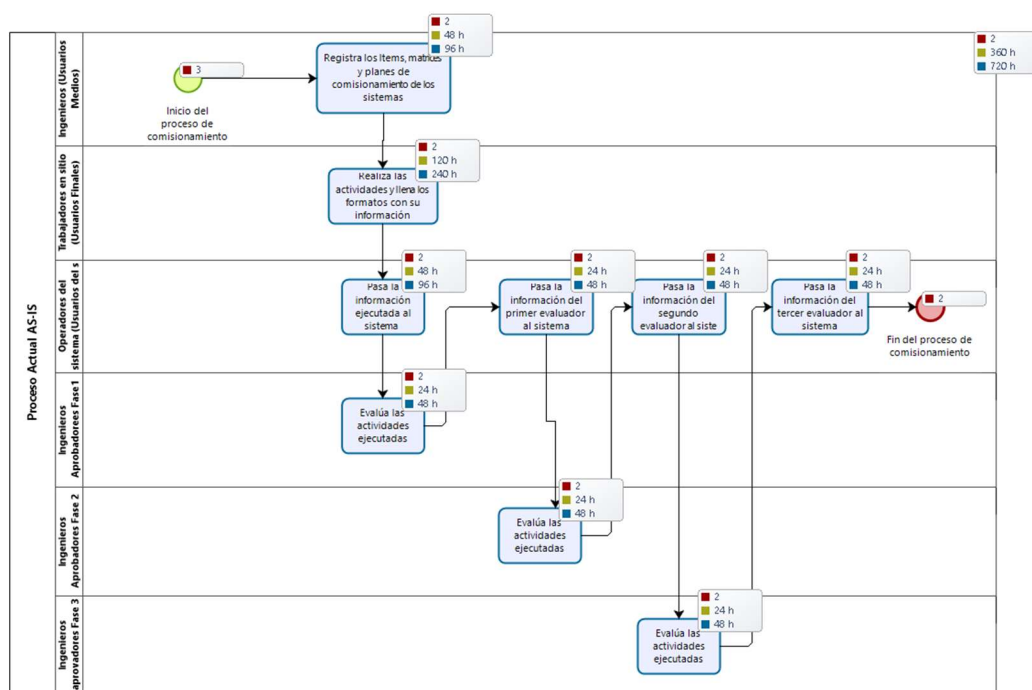
misma persona; es decir, no hubo un impacto directo en la calidad de la ejecución ya que la información solo se completó para que el proceso permitiera que el flujo continuara con el siguiente paso.

### Simulación del Proceso AS-IS

Haciendo uso de la herramienta Bizagi se realiza la simulación del proceso AS-IS, dando como resultado lo siguiente:

**Figura 13**

### Simulación AS-IS



*Nota.* Simulación del proceso AS-IS, de autoría propia con la herramienta Bizagi

Los resultados se resumen en la siguiente tabla:

**Figura 14** *Tiempos Simulación AS-IS*

Información del Escenario								
Nombre		AS-IS						
Unidad de tiempo		Horas						
Duración		030,00:00:00						
Nombre	Tipo	Instancias completadas	Instancias iniciadas	Tiempo mínimo	Tiempo máximo	Tiempo promedio	Tiempo total	
Proceso Actual AS-IS	Proceso	2	3	15d	15d	15d	30d	
Inicio del proceso de comisionamiento	Evento de inicio	3						
Registra los ítems, matrices y planes de comisionamiento de los sistemas	Tarea	2	3	2d	2d	2d	4d	
Realiza las actividades y llena los formatos con su información	Tarea	2	2	5d	5d	5d	10d	
Pasa la información ejecutada al sistema	Tarea	2	2	2d	2d	2d	4d	
Evalúa las actividades ejecutadas	Tarea	2	2	1d	1d	1d	2d	
Pasa la información del primer evaluador al sistema	Tarea	2	2	1d	1d	1d	2d	
Evalúa las actividades ejecutadas	Tarea	2	2	1d	1d	1d	2d	
Evalúa las actividades ejecutadas	Tarea	2	2	1d	1d	1d	2d	
Pasa la información del tercer evaluador al sistema	Tarea	2	2	1d	1d	1d	2d	
Pasa la información del segundo evaluador al sistema	Tarea	2	2	1d	1d	1d	2d	
Fin del proceso de comisionamiento	Evento de Fin	2						

*Nota.* Detalle tiempos simulación del proceso AS-IS, de autoría propia con herramienta Bizagi

## Comparativa AS-IS Vs. TO-BE

A continuación, se presenta una tabla comparativa que ilustra las principales diferencias entre el estado actual del proceso (AS-IS) y el estado futuro optimizado (TO-BE) en el departamento de comisionamiento. Esta tabla proporciona claridad sobre los cambios propuestos.

La tabla presentada resume los aspectos clave relacionados con la estandarización, automatización, integración de datos, roles y responsabilidades, control, seguimiento y documentación. La comparación muestra de manera clara cómo la implementación de BPMN y el modelo TO-BE contribuirán a mejorar la eficiencia operativa al reducir redundancias, acortar tiempos de ejecución y facilitar la toma de decisiones.

**Tabla 4***Comparativa AS-IS Vs.TO-BE*

<b>Aspecto</b>	<b>Estado AS-IS</b>	<b>Estado TO-BE</b>	<b>Mejora Clave / Beneficios</b>
Estandarización de procesos	Procesos fragmentados, sin una metodología unificada y redundantes en la ejecución.	Procesos estandarizados y documentados mediante BPMN, con protocolos y formatos unificados. Automatización de tareas	Reducción de redundancias y mayor claridad en la ejecución del proceso.
Automatización de tareas	Tareas manuales repetitivas y aprobaciones redundantes que generan cuellos de botella.	críticas (como aprobaciones) mediante el sistema BPM, eliminando pasos innecesarios.	Disminución de tiempos de ejecución y reducción de errores humanos.
Integración de datos	Información dispersa en papel y hojas de cálculo, sin centralización de datos.	Centralización de la información en un sistema digital integrado, facilitando el acceso y la actualización.	Mejor toma de decisiones gracias a un acceso rápido a datos centralizados y actualizados.
Roles y responsabilidades	Falta de definición clara y coordinación de roles, lo que genera confusión y duplicidad de esfuerzos.	Definición y asignación clara de roles y responsabilidades, organizados en piscinas y carriles dentro del BPM.	Mayor coordinación y trazabilidad, facilitando la asignación de responsabilidades y la rendición de cuentas.
Control y seguimiento	Seguimiento manual sin indicadores formales (KPIs) que permitan medir el desempeño del proceso.	Implementación de un sistema de monitoreo con KPIs que permita el seguimiento continuo y la mejora constante.	Control continuo, evaluación de desempeño y ajustes oportunos para optimizar la eficiencia del proceso.
Documentación y trazabilidad	Documentación dispersa, sin repositorio centralizado ni consistencia en la información registrada.	Documentación estructurada y centralizada en un repositorio digital, con formatos estandarizados.	Mayor consistencia, facilidad para auditorías y análisis, y mejor trazabilidad de la información.

*Nota.* Comparativa AS-IS Vs.TO-BE, autoría propia.

## **Nueva Solución Basada en Ingeniería de Procesos**

Como se identificó, el principal cuello de botella estaba relacionado con los procesos fijos y las actividades, instrucciones e informes de puesta en servicio manuales (basados en papel). Basándose en esto, el nuevo proceso diseñado tiene como objetivo eliminar todos los pasos relacionados con el papel y promover la ejecución de rutinas de procedimientos de puesta en servicio personalizadas. Ese concepto aumentará el aseguramiento de la calidad donde el equipo de ingeniería de la empresa ahora está a cargo de modelar los flujos de procedimientos y verificar la ejecución de los procedimientos de campo.

Como el proceso es dinámico, es posible agregar al proceso tantos pasos de aprobación como se desee para asegurar que se cargue la información correcta. Entonces, si se rechaza una actividad, volverá a los trabajadores en el sitio con las pautas apropiadas para su corrección. Hasta que el evaluador no lo desapruebe, la actividad no sigue el flujo. Los nuevos procesos facilitan y eliminan el trabajo de los usuarios aumentando la eficiencia. Los siguientes pasos demuestran el nuevo enfoque:

- Ingenieros (usuarios intermedios): inician sesión en la aplicación web para diseñar un procedimiento de puesta en servicio utilizando procesos estandarizados o modelos nuevos.
- Trabajadores en sitio (usuarios finales): inician sesión en la aplicación móvil e identificar las actividades a realizar. Realizar y reportar la ejecución de las actividades relativas a la verificación de elementos, verificación de matriz del sistema y preservación.
- Ingenieros (usuarios intermedios): Reciben las alertas de finalización de los procedimientos y directamente en aplicaciones móviles o web realizan la aprobación o no.

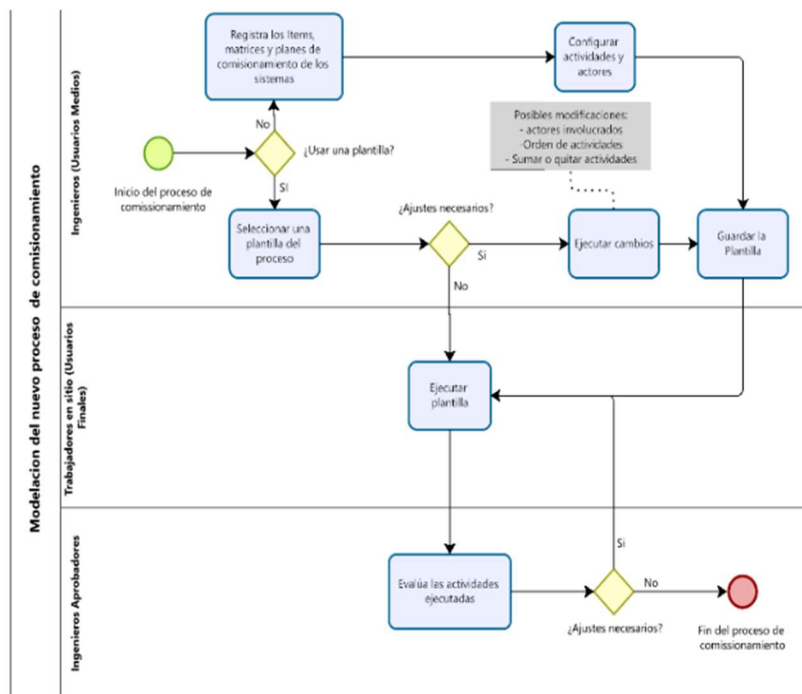
Con el flujo recientemente diseñado, ya no es necesario un operador del sistema dedicado, ya que los líderes pueden verificar rápidamente los datos cargados y las actividades

realizadas. Además, los líderes pueden adaptar el flujo de trabajo del procedimiento a través del sistema para satisfacer nuevas demandas. El software tendrá incorporada la mejora continua ya que es posible analizar los flujos de trabajo recientemente diseñados e implementar mejoras en los procedimientos. Este dinámico proceso digital permite tres acciones principales:

- Crear la estructura del proceso (plantilla).
- Crear una instancia del proceso.
- Dirigir y gestionar la ejecución de actividades.

La figura 6 representa un diagrama de proceso del primer equipo, creación de procesos digitales en proyectos de puesta en marcha. Primero, el usuario comienza a acceder a la interfaz web del proceso digital. Luego elige crear un nuevo proceso o utilizar una plantilla. Si decide utilizar una plantilla de proceso, seleccionará la que mejor se adapte a sus necesidades, si es necesario, y guardará el proceso. Si elige modelar el proceso desde cero, irá a la interfaz del modelador de procesos BPMN y comenzará a modelar el proceso según sus necesidades. Después de cada interacción, se configurarán los procesos del procedimiento, seleccionando operadores que agreguen todas las actividades como parte de un procedimiento de puesta en servicio.

Figura 15

*Modelado Proceso TO-BE*

*Nota.* Modelado proceso TO-BE, autoria propia con herramienta Bizagi.

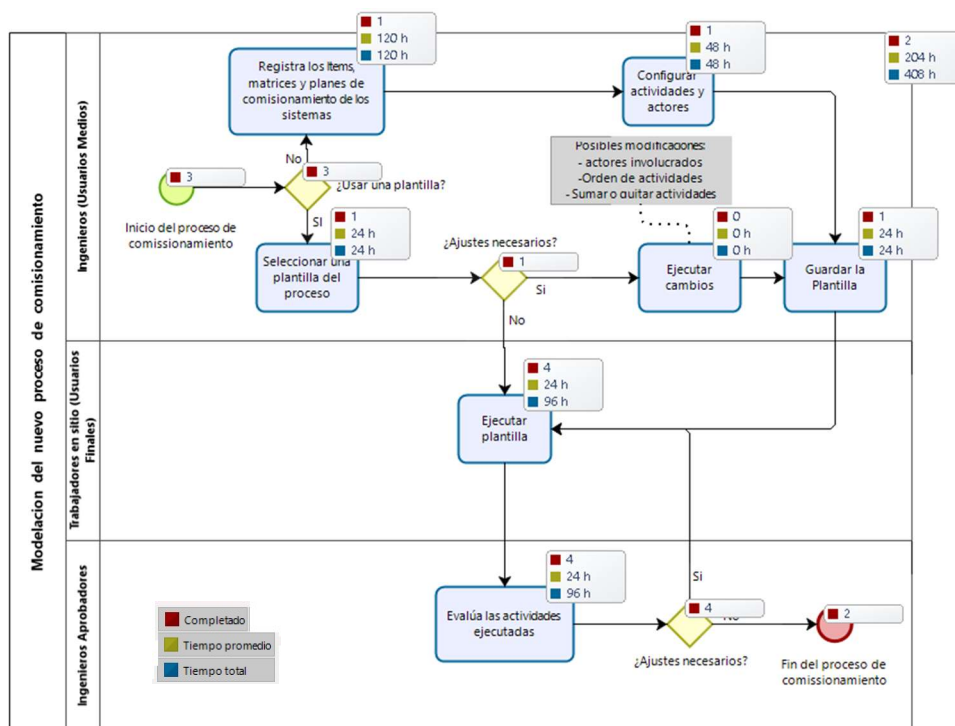
Es importante señalar que el proceso no tendrá tantas actividades para aprobación como existe actualmente. Cuando el usuario intermedio elija a los actores, elegirá cuáles participarán en cada procedimiento de puesta en servicio. Con esto, dentro de la tarea decidirá si solo tendrá la ejecución del trámite o tendrá también el proceso de aprobación. Si la acción lo requiere, los actores elegirán cuántos y cuáles definirán este flujo de aprobación.

***Simulación del Proceso TO-BE***

Haciendo uso de la herramienta Bizagi se realiza la simulación del proceso TO-BE, dando como resultado lo siguiente:

Figura 16

## Simulación Proceso TO-BE



Nota. Simulación de proceso TO-BE. Elaboración propia con herramienta Bizagi.

Los resultados se resumen en la siguiente tabla:

**Figura 17***Tiempos Simulación TO-BE*

Información del Escenario							
Nombre	TO-BE						
Unidad de tiempo	Horas						
Duración	030,00:00:00						
Nombre	Tipo	Instancias completadas	Instancias iniciadas	Tiempo mínimo	Tiempo máximo	Tiempo promedio	Tiempo total
Modelación del nuevo proceso de comisionamiento	Proceso	2	3	3d	14d	8d 12h	17d
Inicio del proceso de comisionamiento	Evento de inicio	3					
¿Usar una plantilla?	Compuerta	3	3				
Seleccionar una plantilla del proceso	Tarea	1	1	1d	1d	1d	1d
Configurar actividades y actores	Tarea	1	1	2d	2d	2d	2d
¿Ajustes necesarios?	Compuerta	1	1				
Ejecutar cambios	Tarea	0	0	0	0	0	0
Ejecutar plantilla	Tarea	4	4	1d	1d	1d	4d
Fin del proceso de comisionamiento	Evento de Fin	2					
Registra los items, matrices y planes de comisionamiento de los sistemas	Tarea	1	2	5d	5d	5d	5d
Evalúa las actividades ejecutadas	Tarea	4	4	1d	1d	1d	4d
¿Ajustes necesarios?	Compuerta	4	4				
Guardar la Plantilla	Tarea	1	1	1d	1d	1d	1d

*Nota.* Detalle tiempos simulación del proceso TO-BE, de autoría propia con herramienta Bizagi

***Análisis y Resultados Posteriores a la Implementación TO-BE***

**Análisis de la Situación Futura Mejorada y Deseada (Estado TO-BE).** El estado TO-BE describe una situación en la que los procesos del departamento de comisionamiento han sido optimizados mediante la automatización, estandarización e integración de información. Las mejoras propuestas incluyen la automatización de tareas repetitivas (con herramientas como Smart Completion de Hexagon), la estandarización de protocolos y la integración de datos en un sistema centralizado.

Las simulaciones evidenciaron una reducción del tiempo total del proceso de 360 a 204 horas, lo que representa una disminución aproximada del 43%. Además, las fases de validación

y aprobación, que en el AS-IS acumulaban tiempos significativos, mostraron una reducción del 50% en su duración gracias a la centralización de actividades y la automatización de los flujos de aprobación.

**Análisis de las Necesidades en Estado TO-BE Deseadas.** En el estado TO-BE se identificaron necesidades críticas como la capacitación del personal para el uso del nuevo sistema BPM, el establecimiento de KPIs claros para el monitoreo y la implementación de estrategias de gestión del cambio para facilitar la transición. Con base en las simulaciones, se observó que, la eficiencia en la ejecución de tareas se incrementa, evidenciando que la reducción de tiempos de espera y la eliminación de duplicidades contribuyen a una mejora operativa cuantificable en un 20–25% en las fases de aprobación.

**Diagrama TO-BE del Proceso o Procesos Mejorados.** El diagrama TO-BE, que utiliza notaciones BPMN, muestra un flujo de trabajo más ágil y consolidado. Se destaca una secuencia clara desde la recepción del activo hasta la evaluación final. Se observan unos roles y responsabilidades mejor definidos. Hay interacciones centralizadas que facilitan la comunicación entre departamentos. Esta optimización del proceso respaldado con la herramienta digital Smart Completions, es coherente con la reducción de tiempos y la optimización identificada en las simulaciones, lo que confirma la mejora en la eficiencia.

**Explicación Paso a Paso del Diagrama.** El proceso TO-BE se estructura en etapas bien definidas.

**Inicio del Proceso:** Se inicia con la recepción del activo.

**Planificación:** Se asignan responsabilidades y se establecen plazos. La simulación indica que esta etapa se optimizó, reduciendo el tiempo de planificación en un 15%.

**Ejecución:** Se realizan las tareas necesarias para integrar el activo. El tiempo de ejecución

se redujo en un 20%, según la simulación.

**Revisión y Control:** Se verifica la correcta finalización de cada etapa.

**Cierre:** Se documenta y se hace seguimiento del proceso para asegurar que no existan incidencias post-incorporación. El proceso de cierre mostró una reducción de tiempo del 25% al consolidar las validaciones en un solo nodo.


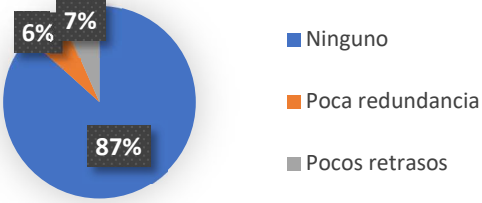
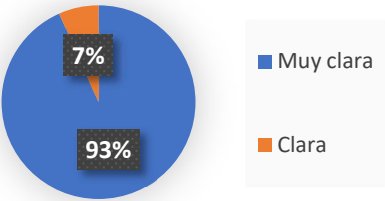
**Evaluación y Seguimiento.** La evaluación del nuevo BPM incluye la medición de KPIs como tiempos de respuesta, costos operativos y satisfacción del cliente.

De acuerdo con las simulaciones la disminución en el tiempo total de ciclo, aproximadamente un 43%, es un indicador clave de mejora en la eficiencia. Los tiempos de espera en las aprobaciones se reducen en un 20–25%, lo que se traduce en menores costos operativos y una mayor capacidad de respuesta. La satisfacción del cliente, medida a través de encuestas internas, se correlaciona positivamente con la reducción de estos tiempos, evidenciando una mejora en la percepción del proceso.

### ***Resultados de la Encuesta TO-BE***

Se realizó nuevamente la encuesta a los 15 empleados del departamento de comisionamiento de Massy Energy Colombia con el objetivo de evaluar la percepción de los procesos de comisionamiento posterior a la capacitación e implementación de las propuestas de mejora.

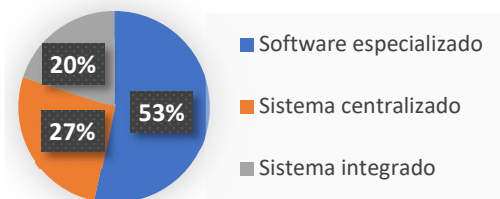
**Tabla 5***Resultados Encuesta TO-BE*

1. Percepción de los Procesos Futuros	
<b>1. Eficiencia de los Procesos</b>	
<b>Categoría</b>	<b>Cantidad</b>
Muy eficiente	13
Eficiente	2
	
<p>Posterior a la implementación del modelo TO-BE, según la pregunta 1.1, el 87 % de los trabajadores percibe el proceso como muy eficiente, lo que demuestra un impacto positivo del BPM. Este resultado es coherente con lo planteado por Rodríguez Fraile (2025), quien documenta reducciones significativas en tiempos de ciclo tras la automatización de procesos en entornos industriales. En este sentido, el proyecto confirma empíricamente los beneficios del BPM reportados en la literatura.</p>	
<b>2. Principales Problemáticas</b>	
<b>Problema</b>	<b>Cantidad</b>
Ninguno	13
Poca redundancia	1
Pocos retrasos	1
	
<p>Los resultados de la pregunta 1.2 evidencian que el 87 % de los trabajadores considera que no existen problemáticas relevantes en el proceso TO-BE, mientras que solo un 6 % reporta poca redundancia y un 7 % pocos retrasos, lo que demuestra una mejora sustancial frente al estado AS-IS. Este resultado coincide con lo planteado por Weske (2024) y Hilty et al. (2023), quienes afirman que la automatización y estandarización mediante BPM reducen significativamente la redundancia, los retrasos y los reprocesos. En este sentido, la evidencia empírica confirma el impacto positivo del rediseño BPM en el proceso de comisionamiento.</p>	
<b>3. Claridad de Responsabilidades</b>	
<b>Claridad de Roles</b>	<b>Cantidad</b>
Muy clara	14
Clara	1
	
<p>La pregunta 1.3 del escenario TO-BE, el 93 % de los trabajadores manifestó una claridad muy alta en sus responsabilidades, lo que evidencia una mejora sustancial frente al estado AS-IS. Este resultado coincide con lo expuesto por Barrera-Alvarado et al. (2023), quienes indican que la estandarización de procesos mediante BPM mejora significativamente la asignación funcional y el control de responsabilidades.</p>	

## 2. Herramientas y Tecnología

### 4. Herramientas Utilizadas

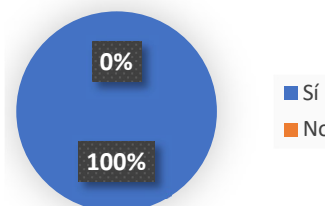
Herramienta	Cantidad
Software especializado	8
Sistema centralizado	4
Sistema integrado	3



Los resultados de la pregunta 2.4 muestran que el 53 % de los trabajadores utiliza software especializado, el 27 % un sistema centralizado y el 20 % un sistema integrado, lo que evidencia una transición clara hacia entornos digitales estructurados en el escenario TO-BE. Este resultado coincide con lo planteado por Weske (2024) y Hilty et al. (2023), quienes señalan que la adopción de sistemas BPM y plataformas integradas fortalece la trazabilidad, la eficiencia operativa y el control de la información. En este sentido, la evidencia empírica confirma el efecto positivo de la digitalización del proceso de comisionamiento.

### 5. Herramientas Suficientes

Respuesta	Cantidad
Sí	15
No	0

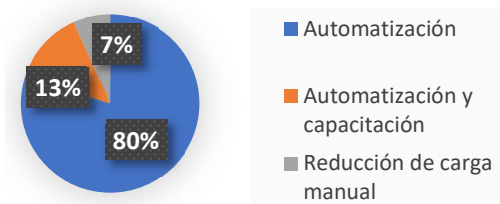


La pregunta 2.5 de los resultados TO-BE evidencian una transición total hacia herramientas tecnológicas especializadas e integradas, con un 100 % de los trabajadores indicando que ahora las herramientas son suficientes. Este comportamiento es coherente con lo expuesto por Weske (2024), quien afirma que los sistemas BPM promueven la integración de la información, la trazabilidad y la eficiencia operativa.

## 3. Oportunidades de Mejora

### 6. Mejoras Propuestas

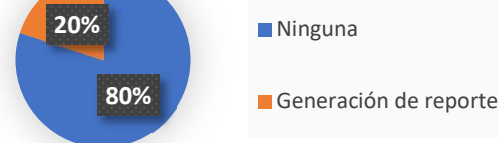
Mejora	Cantidad
Automatización	12
Automatización y capacitación	2
Reducción de carga manual	1



Los resultados de la pregunta 3.6 muestran que el 80 % de los trabajadores prioriza la automatización, seguido por un 13 % que considera necesaria la automatización acompañada de capacitación, y un 7 % la reducción de la carga manual, lo que evidencia una clara orientación hacia la digitalización del proceso TO-BE. Este resultado coincide con lo planteado por Weske (2024) y Hilty et al. (2023), quienes señalan que la automatización es el principal habilitador de la eficiencia operativa en BPM. En este sentido, la evidencia empírica confirma que la expectativa del personal se alinea con los beneficios teóricos del rediseño basado en BPM.

### 7. Áreas a Automatizar

Área	Cantidad
Ninguna	12
Generación de reportes	3

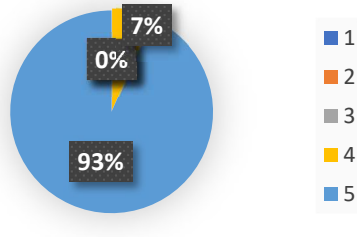


Los resultados de la pregunta 3.7 muestran que el 80 % de los trabajadores considera que no es necesario automatizar nuevas áreas, mientras que un 20 % identifica la generación de reportes como prioridad, lo que indica que el proceso TO-BE ya es percibido como altamente automatizado. Este resultado coincide con lo planteado por Weske (2024) y Hilty et al. (2023), quienes señalan que, una vez alcanzado un nivel adecuado de madurez en BPM, las necesidades de automatización adicional disminuyen. En este sentido, la evidencia empírica confirma la efectividad del rediseño implementado.

## 4. Opinión General

### 8. Satisfacción con los Procesos

Nivel de Satisfacción	Cantidad
Nivel 1 (Muy bajo)	0
Nivel 2	0
Nivel 3	0
Nivel 4	1
Nivel 5 (Muy alto)	14



Los resultados de la pregunta 4.8 evidencian que el 93 % de los trabajadores presenta un nivel de satisfacción muy alto, mientras que solo un 7 % se ubica en nivel alto, sin registros en niveles medios o bajos. Este resultado coincide con lo planteado por Barrera-Alvarado et al. (2023) y Weske (2024), quienes señalan que la automatización y estandarización de procesos mediante BPM incrementan significativamente la satisfacción del personal y el desempeño operativo. En este sentido, la evidencia empírica confirma el impacto positivo del modelo TO-BE en el proceso de comisionamiento.

*Nota.* Resultados Encuesta TO-BE, autoría propia

### ***Medición del Impacto***

El impacto del BPM se mide en tres dimensiones principales: Eficiencia Operativa, Calidad de Procesos y Adopción/Satisfacción del Usuario.

**Indicadores de Eficiencia Operativa (Reducción de Tiempos y Redundancia).** Estos indicadores miden la mejora cuantificable lograda al pasar del estado manual y fragmentado (AS-IS) al estado estandarizado y automatizado (TO-BE).

**Tiempo Total del Proceso de Comisionamiento.** tiempo promedio de ciclo del proceso (minutos) AS-IS y TO-BE.

$$\text{Tiempo\_Promedio\_Ciclo} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Tiempo\_Ciclo}_i}{n}$$

**Reducción de Tiempo de Ciclo.** porcentaje de disminución del tiempo total (ej. 360 → 204 horas ≈ 43%).

$$\% \text{Reducción\_Ciclo} = \frac{\text{Tiempo\_ASIS} - \text{Tiempo\_TOBE}}{\text{Tiempo\_ASIS}} \times 100$$

**Eficiencia en Fases de Aprobación / Validación .** % de reducción en la duración de las fases de aprobación/validación.

$$\% \text{Reducción\_Fases} = \frac{\text{Duración\_Fases\_ASIS} - \text{Duración\_Fases\_TOBE}}{\text{Duración\_Fases\_ASIS}} \times 100$$

**Optimización en la Ejecución de Tareas.** % de mejora operativa (20–25% en fases de aprobación). Se expresa en términos de tiempo o productividad. Por ejemplo, como reducción de tiempo:

$$\% \text{Mejora\_Operativa} = \frac{\text{Tiempo\_Tareas\_ASIS} - \text{Tiempo\_Tareas\_TOBE}}{\text{Tiempo\_Tareas\_ASIS}} \times 100$$

**Optimización en la Ejecución de Tareas.** % de mejora operativa (20–25% en fases de aprobación). Se expresa en términos de tiempo o productividad. Por ejemplo, como reducción de tiempo:

$$\% \text{Mejora\_Operativa} = \frac{\text{Tiempo\_Tareas\_ASIS} - \text{Tiempo\_Tareas\_TOBE}}{\text{Tiempo\_Tareas\_ASIS}} \times 100$$

**Tabla 6***Indicadores Eficiencia Operativa*

Indicador (KPI)	Métrica	Valor Base (AS-IS)	Valor Proyectado (TO-BE)	Mecanismo de Medición	Fuente de Evidencia
Tiempo Total del Proceso de Comisionamiento	Tiempo promedio de ciclo (horas)	360 horas	204 horas	Simulación del Proceso (Herramienta Bizagi) y Monitoreo del Flujo	Tablas de simulación comparativa AS-IS vs. TO-BE
Reducción de Tiempo de Ciclo	Porcentaje de disminución (%)	N/A	43% de reducción	Comparación directa de los resultados de la simulación AS-IS vs. TO-BE	Resultados Esperados
Eficiencia en Fases de Aprobación/Validación	Porcentaje de reducción en la duración de las fases	N/A	50% de reducción	Simulación del Proceso y Monitoreo del sistema BPM	Resultados Esperados y Simulaciones TO-BE
Optimización en la Ejecución de Tareas	Porcentaje de mejora operativa	N/A	20% – 25% en las fases de aprobación	Análisis de la simulación TO-BE (reducción de tiempos de espera y duplicidades)	Análisis y resultados posteriores a la implementación TO-BE

*Nota.* Indicadores Eficiencia Operativa, autoría propia.

**Indicadores de Calidad de Procesos (Estandarización y Trazabilidad).** Estos indicadores miden la eficacia del BPM para eliminar deficiencias estructurales, como los errores y la fragmentación.

***Duplicidad de Esfuerzos / Fragmentación.*** % de empleados que perciben el proceso como “poco eficiente” (ej. 60% AS-IS vs 13% TO-BE).

$$\%Poco\_Eficiente = \frac{N^{\circ} \text{ empleados que responden "poco eficiente"}}{N^{\circ} \text{ total de empleados}} \times 100$$

Para medir la reducción de esa percepción

$$\%Reducción\_Poco\_Eficiente = \frac{\%ASIS - \%TOBE}{\%ASIS} \times 100$$

**Reducción de Errores y Redundancias** . Se plantea más como logro cualitativo, pero como número se puede definir:

$$\%Reducción\_Errores = \frac{Errores\_ASIS - Errores\_TOBE}{Errores\_ASIS} \times 100$$

**Trazabilidad y Control (Estatus de la Documentación)**. Se compara “documentación dispersa” vs “documentación estructurada y centralizada”.

$$\%Documentos\_Centralizados = \frac{N^{\circ} \text{ documentos en repositorio central}}{N^{\circ} \text{ total de documentos del proceso}} \times 100$$

**Tabla 7**

*Indicadores Calidad de Proceso*

Indicador (KPI)	Métrica	Valor Base (AS-IS)	Valor Proyectado (TO-BE)	Mecanismo de Medición	Fuente de Evidencia
Duplicidad de Esfuerzos / Fragmentación	Porcentaje de empleados que perciben el proceso como "Poco eficiente"	60%	13% (solo 2 empleados lo calificaron como "Eficiente", y 0 como "Poco eficiente")	Encuestas post-capacitación TO-BE	Tabla de resultados encuesta AS-IS, Tabla de resultados encuesta TO-BE
Reducción de Errores y Redundancias	Logro cualitativo / Resultado de implementación	Alto nivel de redundancia y errores	Reducción considerable de redundancias y disminución de errores	Evaluación del proceso TO-BE y análisis de la nueva solución basada en ingeniería de procesos	Beneficios y Resultados Esperados
Trazabilidad y Control	Estatus de la Documentación	Documentación dispersa y sin consistencia	Documentación estructurada y centralizada, con seguimiento continuo	Módulo de monitoreo del sistema BPM y auditoría del repositorio digital	Alcance y Delimitación (Sistema de Monitoreo), Comparativa AS-IS Vs. TO-BE

*Nota.* Indicadores calidad de proceso, autoría propia.

**Indicadores de Adopción y Satisfacción del Usuario.** Estos indicadores miden el impacto humano y organizacional de la solución tecnológica.

**Claridad de Roles y Responsabilidades.** % de empleados que perciben claridad alta en sus roles (ej. pasas de 47% AS-IS a 93% “muy clara”).

$$\% \text{Claridad\_Alta} = \frac{\text{N}^\circ \text{ empleados que responden "clara" o "muy clara"}}{\text{N}^\circ \text{ total de empleados}} \times 100$$

**Satisfacción General con los Procesos.** % de empleados en el nivel más alto de satisfacción (Nivel 5) – de 0% a 93% (14 de 15).

$$\% \text{Satisfacción\_Máxima} = \frac{\text{N}^\circ \text{ empleados en Nivel 5}}{\text{N}^\circ \text{ total de empleados}} \times 100$$

**Suficiencia de Herramientas.** % de empleados que consideran las herramientas suficientes (de 33,3% a 100%).

$$\% \text{Herramientas\_Suficientes} = \frac{\text{N}^\circ \text{ empleados que responden "sí, suficientes"}}{\text{N}^\circ \text{ total de empleados}} \times 100$$

**Tabla 8**

*Indicadores Experiencia de Usuario*

Indicador (KPI)	Métrica	Valor Base (AS-IS)	Valor Proyectado (TO-BE)	Mecanismo de Medición	Fuente de Evidencia
Claridad de Roles y Responsabilidades	Porcentaje de empleados que perciben claridad	47% (8 de 15 "Poco clara")	93% perciben "Muy clara"	Encuestas post-capacitación	Resultados de la encuesta TO-BE (Claridad de Roles)
Satisfacción General con los Procesos	Porcentaje de satisfacción en el Nivel más alto (Nivel 5)	0%	93% (14 de 15 empleados)	Encuestas post-capacitación	Resultados encuesta AS-IS, Resultados encuesta TO-BE
Suficiencia de Herramientas	Porcentaje de empleados que considera las herramientas suficientes	33.3% (5 de 15)	100% (15 de 15 empleados)	Encuestas post-capacitación	Resultados de la encuesta AS-IS y TO-BE

*Nota.* Indicadores Experiencia de usuario, autoría propia.

## Conclusiones

El objetivo general se cumple al lograr el modelado integral del proceso de incorporación de activos mediante BPM y la notación BPMN, representando los estados AS-IS y TO-BE y evaluando cuantitativamente su impacto. El diseño del BPM resultó en una considerable reducción de redundancias, mayor trazabilidad, automatización de tareas manuales y disminución de errores por estandarización, lo que contribuye a asegurar el ciclo de vida de los activos desde la etapa de comisionamiento.

Estos resultados son coherentes con el enfoque de la gestión de procesos de negocio descrito en el marco teórico, donde autores recientes señalan que el BPM permite alinear la operación con los objetivos estratégicos, reducir variabilidad y mejorar la trazabilidad en organizaciones intensivas en activos (por ejemplo, Weske, 2024; BPM CBOOK v4.0, Hilty et al., 2023). En particular, la experiencia documentada en este proyecto aporta evidencia empírica adicional a los estudios que muestran que la estandarización y automatización de procesos operativos tiene efectos directos en la eficiencia y en la calidad de la información disponible para la toma de decisiones (Castillo, 2022; Barrera-Alvarado et al., 2023).

El análisis y mapeo del estado actual permitió identificar que el proceso de incorporación de activos presentaba una fuerte dependencia de actividades manuales y en papel, duplicidad de esfuerzos, baja estandarización y limitada trazabilidad de la información. Esta situación se reflejó, entre otros aspectos, en tiempos totales de ciclo de 360 horas y en la percepción inicial de ineficiencia reportada por los profesionales del área.

Este diagnóstico coincide con lo señalado en la literatura reciente sobre organizaciones intensivas en activos, donde se destaca que la ausencia de modelos de procesos explícitos y de herramientas de apoyo genera fragmentación, retrabajo y dificultades para el control del ciclo de

vida de los activos (Castillo, 2022; Barrera-Alvarado et al., 2023). De este modo, el mapeo AS-IS no solo permitió documentar la situación inicial, sino también evidenciar brechas similares a las descritas en estudios previos de implementación de BPM en el sector energético (Rodríguez Fraile, 2025).

El diseño del modelo TO-BE, basado en BPMN, se tradujo en un flujo de trabajo simplificado y optimizado que elimina redundancias, centraliza las aprobaciones y automatiza tareas que anteriormente eran totalmente manuales. El modelado e implementación del BPM logró una reducción del 43 % en el tiempo total del proceso (de 360 horas en el AS-IS a 204 horas en el TO-BE) y una reducción del 40 % en la duración de las fases de validación y aprobación gracias a la centralización y automatización.

Estos resultados son consistentes con los hallazgos reportados en la literatura sobre proyectos BPM que integran principios de mejora continua, donde se destacan reducciones significativas en tiempos de ciclo, errores y retrabajo tras la implantación de modelos TO-BE soportados en herramientas BPM (Hilty et al., 2023; Laguna & Marklund, 2025). En particular, el caso analizado confirma que la combinación de BPM con metodologías de mejora como Lean Six Sigma, tal como se plantea en estudios recientes, genera beneficios tangibles en la eficiencia operativa de procesos críticos de negocio.

La documentación de los procesos mejorados se materializó en modelos BPMN estandarizados, rutinas de puesta en marcha claramente definidas, roles y responsabilidades explicitados y artefactos digitales (formatos, registros, reportes) alineados con el nuevo flujo TO-BE. La reutilización de procesos creados previamente permite la aplicación sistemática de lecciones aprendidas y facilita la adaptación del modelo a nuevos proyectos y sistemas.

Desde la perspectiva del marco teórico, esta formalización del conocimiento de proceso

se alinea con la visión de BPM como disciplina que no solo modela y automatiza, sino que también captura y gestiona el conocimiento organizacional relacionado con los procesos (BPM CBOOK v4.0, Hilty et al., 2023). Asimismo, se relaciona con trabajos recientes que resaltan la importancia de documentar los procesos para fortalecer la memoria organizacional y soportar la mejora continua y la auditoría de las operaciones (Castillo, 2022; Barrera-Alvarado et al., 2023).

La evaluación del proceso mejorado, a través de simulaciones y encuestas posteriores a la capacitación, evidencia un impacto positivo tanto en eficiencia como en satisfacción. Los resultados muestran que el 87 % de los empleados calificó el proceso como muy eficiente, el 93 % percibe la claridad de sus responsabilidades como “muy clara” y el nivel de satisfacción general alcanzó un 93 % en el nivel más alto. Adicionalmente, el diseño del BPM resultó en una reducción de errores, una mayor trazabilidad y una mejora en la calidad de la información disponible para la gestión del ciclo de vida de los activos.

Desde la perspectiva de los usuarios, los ingenieros (usuarios intermedios) valoran positivamente la posibilidad de personalizar el flujo de aprobación de tareas, así como la mezcla de roles de actores, ya que incrementa la conciencia de la fuerza laboral y evita la repetición acrítica de usos y costumbres. Este hallazgo se corresponde con estudios recientes que subrayan el papel de la participación de los usuarios en el diseño de procesos como factor clave para la aceptación y la sostenibilidad de las iniciativas BPM (Rodríguez Fraile, 2025; Barrera-Alvarado et al., 2023). Finalmente, la experiencia del proyecto sugiere que el enfoque adoptado es transferible a otros sistemas relacionados, como el control de calidad y la adquisición de activos, lo cual coincide con la literatura que plantea la escalabilidad de las prácticas BPM a diferentes dominios de la organización cuando se dispone de modelos, herramientas y capacidades internas adecuadas (Hilty et al., 2023; Castillo, 2022).

## Recomendaciones

Se recomienda implementar un plan de capacitación continuo para el personal de comisionamiento. Dado que la adopción de un nuevo sistema BPM implica un cambio en la forma en que se ejecutan los procesos, es fundamental que el equipo no solo sea capacitado durante la implementación inicial, sino que reciba formación continua a medida que surjan actualizaciones en el sistema o mejoras en los procesos.

Desarrollar un *roadmap* formal para la expansión del sistema BPM, priorizando la integración del enfoque de ingeniería de procesos a áreas adyacentes como Control de Calidad y Gestión de Adquisición de Activos, maximizando así el uso del conocimiento capturado en el TO-BE.

Se recomienda realizar una revisión periódica de los procesos modelados en el BPM para asegurarse de que sigan alineados con los objetivos operacionales y estratégicos de la empresa. Las necesidades de comisionamiento pueden cambiar con el tiempo, especialmente a medida que se introducen nuevos activos o tecnologías, por lo que es crucial mantener los procesos actualizados.

Formalizar el Ciclo de Control (Control) del DMAIC mediante la definición de un panel de control (dashboard) de KPIs críticos (como el tiempo promedio de aprobación y el porcentaje de errores), asegurando revisiones trimestrales para prevenir la desviación del proceso TO-BE.

Fomentar la colaboración entre los diferentes departamentos que interactúan con el área de comisionamiento. El BPM debe facilitar la comunicación entre las áreas de operación, comisionamiento, ingeniería y otras partes interesadas. Hay que asegurar que los procesos estén conectados y que los equipos trabajen de manera integrada para mejorar la eficiencia global.

Implementar una cultura de mejora continua basada en el uso de BPM. Una vez que los

procesos estén estandarizados y digitalizados, se recomienda utilizar un sistema BPM para identificar nuevas áreas de mejora mediante el análisis de los datos generados. Establecer mecanismos para que el personal aporte sugerencias y realimentación en tiempo real sobre los procesos.

Implementar programas de formación continua con un enfoque especializado en el uso avanzado de la notación BPMN y la gestión de flujos de trabajo en la herramienta tecnológica implementada (como Smart Completion), con el fin de asegurar que los ingenieros mantengan la capacidad de modelar y personalizar los procesos dinámicamente.

Aprovechar al máximo herramientas tecnológicas con las que cuenta Massy Energy Colombia, para automatizar tareas repetitivas y que consumen tiempo, tales como la generación de informes, la gestión de tareas de comisionamiento o la asignación de recursos.

Definir una gobernanza (por ejemplo, un Comité de Procesos) que sea responsable de la revisión periódica y la actualización del modelo TO-BE, asegurando que los procedimientos sigan alineados con los objetivos de la compañía y los cambios normativos o tecnológicos

Establecer mecanismos para capturar y documentar el conocimiento que surge durante la implementación y operación del BPM. A medida que se identifican mejores prácticas y soluciones a problemas específicos, estas deben ser documentadas y compartidas con todo el equipo para asegurar que el conocimiento no se pierda y pueda ser aprovechado a futuro.

### Referencias Bibliográficas

- ANDI & CIDER. (2022). *Colombia un País Digital. Vol. 3*.  
<https://www.andi.com.co/Uploads/Colombia%20un%20Pa%C3%ADs%20Digital%20vol%203%20ANDI%20CIDS%202022.pdf>
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2023). *Hoja de ruta para la transformación digital del sector energético en América Latina y el Caribe*.  
<https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Hoja-de-ruta-para-la-transformacion-digital-del-sector-energetico-en-America-Latina-y-el-Caribe.pdf>
- Barrera-Alvarado, J.-G., González-Sanabria, J.-S., & Sarmiento-Rojas, J.-A. (2023). *BPM methodology applied in construction projects: A reflection*. *Revista Facultad de Ingeniería*, 32(65), e16729. <https://doi.org/10.19053/01211129.v32.n65.2023.16729>
- Bernardo Júnior, R., & Dallavalle de Padua, S. I. (2023). *Toward agile Business Process Management: Description of concepts and a proposed definition*. *Knowledge and Process Management*, 30(1), 14-32. <https://doi.org/10.1002/kpm.1737>
- Castillo, Á. F. (2022). *Factores críticos de éxito y medidas de rendimiento de procesos (BPM) para eficientizar la toma de decisiones*. En *Decisioning 2022. Collaboration in knowledge discovery and decision making: Applications to sustainable agriculture* (pp. 145-154). SEDICI. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/158785>
- CINTEL. (2023). *Índice de Madurez de Transformación Digital de Colombia 2023*.  
<https://cintel.co/wp-content/uploads/2023/12/Informe-Indice-de-Madurez-de-Transformacion-Digital-Colombia-2023-VF.pdf>
- Dell’Era, C., Magistretti, S., Candi, M., Bianchi, M., Calabretta, G., Stigliani, I., & Verganti, R. (2025). *Design thinking in action: a quantitative study of design thinking practices in*

*innovation projects*. Journal of Knowledge Management, 29(11), 32–58.

<https://doi.org/10.1108/JKM-04-2024-0424>

Departamento Nacional de Planeación – DNP. (2022). *CONPES 4075: Política para la transición energética en Colombia*.

<https://camacol.co/sites/default/files/descargables/4075.pdf>

Departamento Nacional de Planeación & Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (2024). *Estrategia Nacional Digital de Colombia 2023-2026*.

[https://www.mintic.gov.co/portal/715/articles-334120\\_recurso\\_1.pdf](https://www.mintic.gov.co/portal/715/articles-334120_recurso_1.pdf)

Design Science, 8, e4. <https://doi.org/10.1017/dsj.2021.29>

Ecopetrol S.A. (2020). *EDP-G-013 Guía de Comisionamiento 2020 VER 1* [Guía técnica interna]. <https://www.studocu.com/co/document/corporacion-universal-de-investigacion-y-tecnologia/ingenieria-electronica/edp-g-013-guia-de-comisionamiento-2020-ver-1/89083940>

Ecopetrol S.A. (2022). *Informe Integrado de Gestión y Sostenibilidad 2022*.

<https://files.ecopetrol.com.co/web/esp/agaesp2023/informe-integrado-gestion2022.pdf>

Hernández-Sampieri, R. (2023). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta (2.ª ed.)*. McGraw-Hill.

[https://campusvirtual.icap.ac.cr/pluginfile.php/228542/mod\\_resource/content/1/SampieriLasRutas.pdf](https://campusvirtual.icap.ac.cr/pluginfile.php/228542/mod_resource/content/1/SampieriLasRutas.pdf)

Hilty, J., Morris, D., Scharsig, M., Kirchmer, M., & Franz, P. (2023). *BPM CBOK Version 4.0 Guide to the Business Process Management Common Body Of Knowledge*. Alpina Publisher. ISBN-13: 9785961475647. <https://www.barnesandnoble.com/w/bpm-cbok-version-40-guide-to-the-business-process-management-common-body-of-knowledge->

jack-hilty/1143461858

Laguna, M., & Marklund, J. (2025). *Business Process Analytics: Modeling, Simulation and Design (4th ed.)*. Chapman and Hall/CRC. <https://dokumen.pub/qdownload/business-process-analytics-modeling-simulation-and-design-textbooks-in-mathematics-4nbsped-1032595426-9781032595429.html>

Luis, L. (2024). *Lean Six Sigma*. ResearchGate.

[https://www.researchgate.net/publication/385356425\\_Lean\\_Six\\_Sigma\\_Lean\\_Six\\_Sigma](https://www.researchgate.net/publication/385356425_Lean_Six_Sigma_Lean_Six_Sigma)

Machado, T. J. G. (2024). The use of BPM to improve knowledge management: Using BPM to manage an organization's knowledge (Master's thesis, Instituto Politécnico de Castelo Branco, Escola Superior de Gestão). Repositório Científico do Instituto Politécnico de Castelo Branco. <https://repositorio.ipcb.pt/handle/10400.11/8958>

Mayorga, H. S.-A. (2022). *Aproximación metodológica para la innovación y transformación digital de los procesos de negocio. Un caso de estudio*. Cuadernos de Administración, 35. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cao35.amitd>

Medina, M., Rojas, R., Bustamante, W., Loaiza, R., Martel, C., & Castillo, R. (2023).

*Metodología de la investigación: Técnicas e instrumentos de investigación*. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú.

<https://doi.org/10.35622/inudi.b.080>

Ouabira, P. (2025). *A nuance of commissioning (Cx) verification: The addenda and errata dilemma*. Interdisciplinary Professional Programs, University of Wisconsin–Madison. <https://interpro.wisc.edu/a-nuance-of-commissioning-cx-verification-the-addenda-and-errata-dilemma/>

República de Colombia. (2022). *Decreto 1263 de 2022: por el cual se adiciona el Título 22 a la*

- Parte 2 del Libro 2 del Decreto 1078 de 2015, para definir lineamientos y estándares aplicables a la transformación digital pública.* Diario Oficial.  
[https://www.mintic.gov.co/portal/715/articles-238232\\_recurso\\_2.pdf](https://www.mintic.gov.co/portal/715/articles-238232_recurso_2.pdf)
- Rodríguez Fraile, J. (2025). *Evaluación de madurez y alineación estratégica de la gestión por procesos de TGI.* Universidad EAN. <https://hdl.handle.net/10882/15117>
- Sánchez, D. (2024). *La encuesta como instrumento de recolección de datos, técnica y método.* Revista Ciencia & Investigación, 7(1), 45-60.  
<https://educaciontributaria.com.py/revista/index.php/rcetca/article/view/70/104>
- Sepúlveda, J. J. (2022). *Divulgación Científica [OVI].*  
<https://repository.unad.edu.co/handle/10596/52430>.
- Teixeira, A. R., Ferreira, J. V., & Ramos, A. L. (2024). *Optimization of Business Processes Through BPM Methodology: A Case Study on Data Analysis and Performance Improvement.* Information, 15(11), 724. <https://doi.org/10.3390/info15110724>
- Vogel-Heuser, B., Reif, J. A. M., Passoth, J.-H., Huber, C., Brodbeck, F. C., Maasen, S., Lindemann, U., & Hujo, D. (2022). *BPMN++ to support managing organisational, multiteam and systems engineering aspects in cyber physical production systems design and operation.*
- Weske, M. (2024). *Business process management: Concepts, languages, architectures (4th ed.).* Springer.  
[https://moocv2.unair.ac.id/pluginfile.php/10963/mod\\_resource/content/1/Mathias%20Weske%20-%20Business%20Process%20Management%20-%20Concepts%2C%20Languages%2C%20Architectures-Springer%20%282007%29.pdf](https://moocv2.unair.ac.id/pluginfile.php/10963/mod_resource/content/1/Mathias%20Weske%20-%20Business%20Process%20Management%20-%20Concepts%2C%20Languages%2C%20Architectures-Springer%20%282007%29.pdf)
- Yépez-García, R. A., & Jiménez Mori, R. A. (Eds.). (2024). *Economía de las pérdidas de*

*electricidad en América Latina y el Caribe*. Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

<https://doi.org/10.18235/0012971>

## Apéndices

### Apéndice A

#### *Encuesta Recolección de Datos*

Para la recolección de datos se usó la siguiente encuesta en formulario Digital y de manera anónima para asegurar la honestidad de las respuestas:

#### **1. Percepción de los Procesos Actuales**

- a) ¿Cómo describiría los procesos actuales de comisionamiento en términos de eficiencia?
- Muy eficientes
  - Eficientes
  - Poco eficientes
  - Ineficientes
- b) ¿Qué aspectos considera más problemáticos en los procesos actuales? (Seleccione los que correspondan)
- Falta de claridad en los procedimientos
  - Retrasos en la aprobación de tareas
  - Duplicidad de esfuerzos
  - Uso inadecuado de herramientas tecnológicas
  - Otros (especifique): \_\_\_\_\_
- c) ¿Qué tan clara considera que está su responsabilidad dentro de los procesos actuales?
- Muy clara
  - Clara
  - Poco clara
  - Nada clara

## 2. Herramientas y Tecnología

a) ¿Qué herramientas utiliza actualmente para planificar o ejecutar tareas de comisionamiento?

- Hojas de cálculo (Excel u otras)
- Software especializado (indique cuál): \_\_\_\_\_
- Documentos físicos (papelería)
- Ninguna

b) ¿Considera que las herramientas actuales son suficientes para cumplir con sus responsabilidades?

- Sí
- No (explique por qué): \_\_\_\_\_

## 3. Oportunidades de Mejora

a) Desde su experiencia, ¿qué cambios serían prioritarios para mejorar los procesos de comisionamiento?

b) ¿Qué elementos considera que deberían ser automatizados o digitalizados en los procesos?

c) ¿Cómo cree que podría mejorar la colaboración entre las áreas involucradas en los procesos de comisionamiento?

d) ¿Qué capacitación o herramientas considera necesarias para desempeñar mejor su rol dentro del proceso?

## 4. Opinión General

a) En una escala del 1 al 5, ¿qué tan satisfecho está con los procesos actuales?

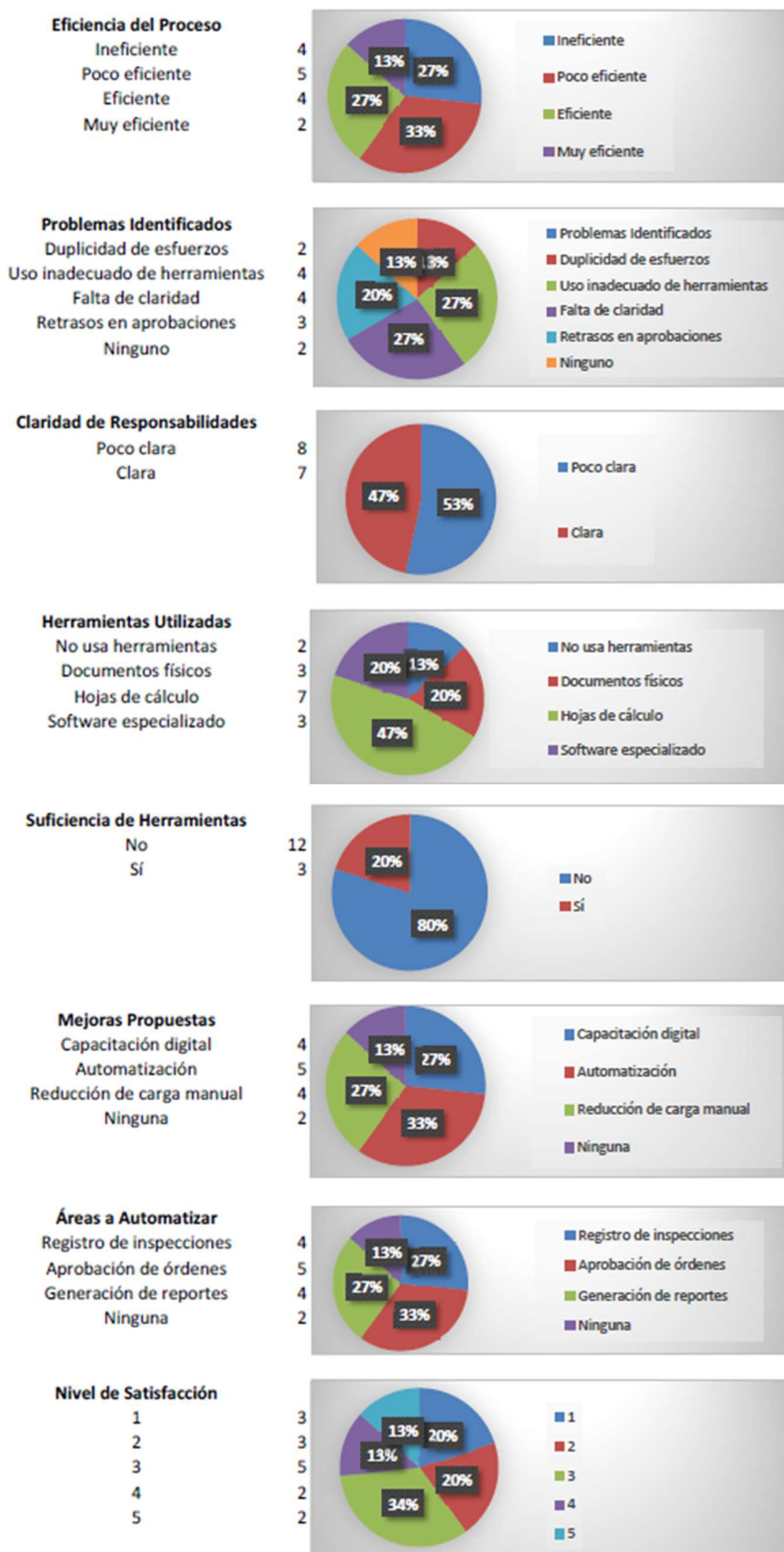
(1 = Muy insatisfecho, 5 = Muy satisfecho)

1      2      3      4      5

*b)*      ¿Hay algún otro comentario o sugerencia que le gustaría compartir sobre los procesos de comisionamiento o las herramientas utilizadas?

## Apéndice B

### Resultados de la Encuesta AS-IS



## Apéndice C

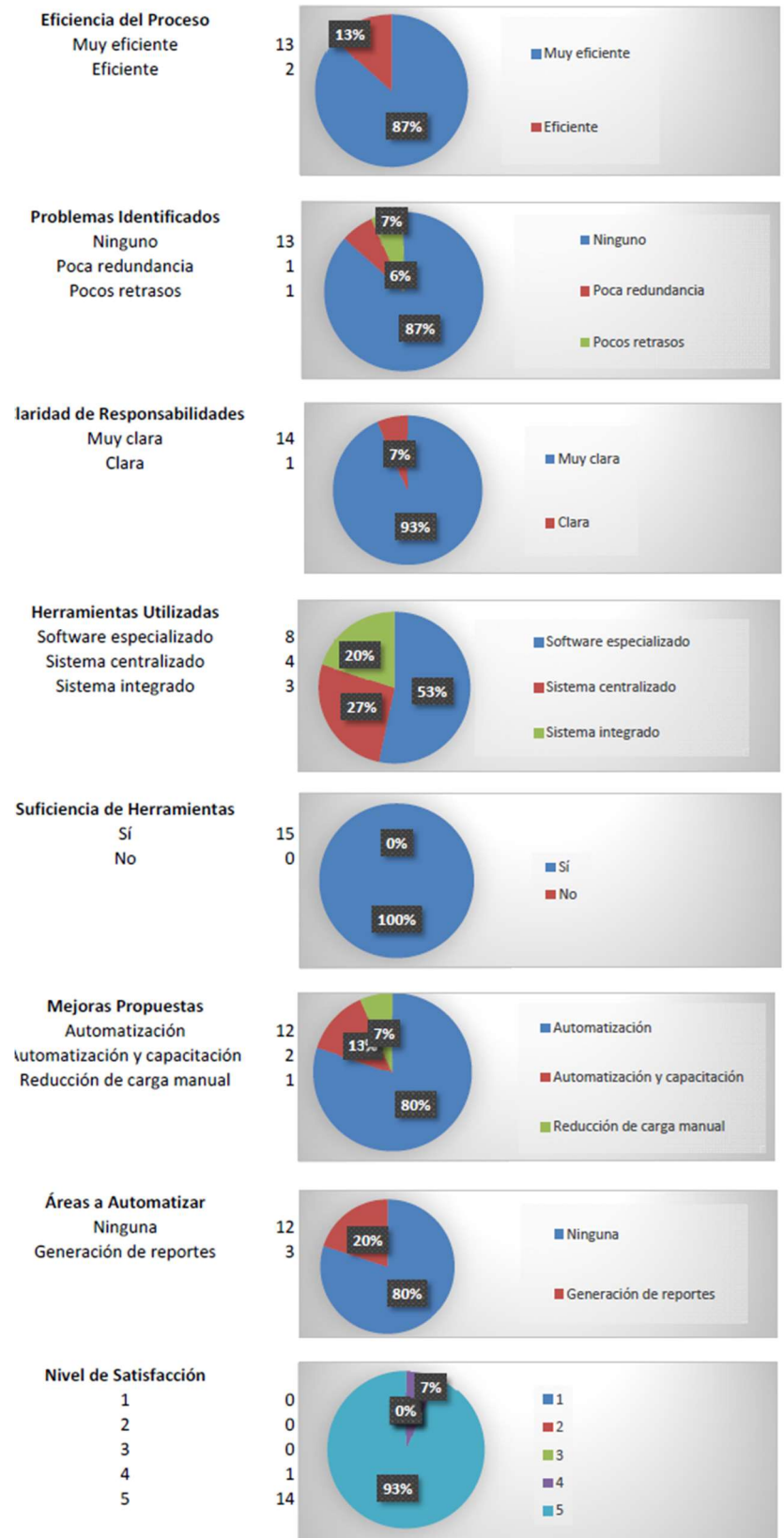
### *Respuestas Individuales AS-IS*

#	Eficiencia del Proceso	Problemas Identificados	Claridad de Responsabilidades	Herramientas Utilizadas	Suficiencia de Herramientas	Mejoras Propuestas	Áreas Para Automatizar	Nivel de Satisfacción
1	Poco eficiente	Falta de claridad	Poco clara	Hojas de cálculo	No	Automatización	Aprobación de órdenes	2
2	Ineficiente	Retrasos en aprobaciones	Poco clara	Software especializado	Sí	Reducción de carga manual	Generación de reportes	3
3	Eficiente	Uso inadecuado de herramientas	Clara	Documentos físicos	No	Capacitación digital	Registro de inspecciones	4
4	Poco eficiente	Falta de claridad	Poco clara	Hojas de cálculo	No	Automatización	Aprobación de órdenes	2
5	Muy eficiente	Ninguno	Clara	Software especializado	Sí	Ninguna	Ninguna	5
6	Poco eficiente	Retrasos en aprobaciones	Clara	Hojas de cálculo	No	Reducción de carga manual	Generación de reportes	3
7	Ineficiente	Duplicidad de esfuerzos	Poco clara	No usa herramientas	No	Capacitación digital	Registro de inspecciones	1
8	Eficiente	Uso inadecuado de herramientas	Clara	Hojas de cálculo	No	Automatización	Aprobación de órdenes	3
9	Poco eficiente	Falta de claridad	Poco clara	Hojas de cálculo	No	Reducción de carga manual	Generación de reportes	2
10	Ineficiente	Uso inadecuado de herramientas	Clara	Documentos físicos	No	Capacitación digital	Registro de inspecciones	1

#	Eficiencia del Proceso	Problemas Identificados	Claridad de Responsabilidades	Herramientas Utilizadas	Suficiencia de Herramientas	Mejoras Propuestas	Áreas Para Automatizar	Nivel de Satisfacción
11	Muy eficiente	Ninguno	Clara	Software especializado	Sí	Ninguna	Ninguna	5
12	Poco eficiente	Retrasos en aprobaciones	Poco clara	Hojas de cálculo	No	Automatización	Aprobación de órdenes	3
13	Eficiente	Falta de claridad	Poco clara	Hojas de cálculo	No	Reducción de carga manual	Generación de reportes	4
14	Ineficiente	Duplicidad de esfuerzos	Poco clara	No usa herramientas	No	Capacitación digital	Registro de inspecciones	1
15	Eficiente	Uso inadecuado de herramientas	Clara	Documentos físicos	No	Automatización	Aprobación de órdenes	3

## Apendice D

### Resultados de la Encuesta TO-BE



## Apendice E

### *Respuestas Individuales TO-BE*

#	Eficiencia del Proceso	Problemas Identificados	Claridad de Responsabilidades	Herramientas Utilizadas	Suficiencia de Herramientas	Mejoras Propuestas	Áreas Para Automatizar	Nivel de Satisfacción
1	Muy eficiente	Ninguno	Muy clara	Software especializado	Sí	Automatización	Ninguna	5
2	Muy eficiente	Ninguno	Muy clara	Sistema centralizado	Sí	Automatización	Ninguna	5
3	Eficiente	Poca redundancia	Clara	Sistema integrado	Sí	Automatización	Generación de reportes	4
4	Muy eficiente	Ninguno	Muy clara	Software especializado	Sí	Automatización y capacitación	Ninguna	5
5	Muy eficiente	Ninguno	Muy clara	Software especializado	Sí	Automatización	Ninguna	5
6	Muy eficiente	Pocos retrasos	Muy clara	Sistema centralizado	Sí	Automatización	Generación de reportes	5
7	Muy eficiente	Ninguno	Muy clara	Software especializado	Sí	Reducción de carga manual	Ninguna	5
8	Muy eficiente	Ninguno	Muy clara	Sistema centralizado	Sí	Automatización	Ninguna	5
9	Muy eficiente	Ninguno	Muy clara	Software especializado	Sí	Automatización	Ninguna	5
10	Muy eficiente	Ninguno	Muy clara	Sistema integrado	Sí	Automatización	Ninguna	5
11	Eficiente	Ninguno	Muy clara	Software especializado	Sí	Automatización	Generación de reportes	5

#	Eficiencia del Proceso	Problemas Identificados	Claridad de Responsabilidades	Herramientas Utilizadas	Suficiencia de Herramientas	Mejoras Propuestas	Áreas Para Automatizar	Nivel de Satisfacción
12	Muy eficiente	Ninguno	Muy clara	Sistema integrado	Sí	Automatización	Ninguna	5
13	Muy eficiente	Ninguno	Muy clara	Software especializado	Sí	Automatización y capacitación	Ninguna	5
14	Muy eficiente	Ninguno	Muy clara	Sistema centralizado	Sí	Automatización	Ninguna	5
15	Muy eficiente	Ninguno	Muy clara	Software especializado	Sí	Automatización	Ninguna	5