



**De los datos a las decisiones: Desarrollo de una solución digital para el control y análisis operativo de maquinaria pesada en BC Construcciones S.A.S**

**De los datos a las decisiones: Desarrollo de una solución digital para el control y análisis operativo de maquinaria pesada en BC Construcciones S.A.S**

**Mauricio Alejandro Barón Valderrama**  
**Miller Andres Hernández Castañeda**  
**Jairo Andres Vargas Cajicá**

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:  
**Magister en Gerencia de Proyectos**

Director (a):  
Edgar Felipe Afanador Cortes

Modalidad:  
**Innovación educativa**  
**“Business case”**

Universidad EAN  
Ingeniería  
Maestría en Gerencia de Proyectos  
Bogotá D.C, Colombia  
4/noviembre/2025

## Resumen ejecutivo

El presente trabajo de grado desarrolla una solución de innovación orientada a la digitalización de los procesos de gestión de maquinaria pesada en BC Construcciones S.A.S., empresa dedicada a obras civiles con más de 20 años de experiencia y que opera una flota de 20 máquinas. Actualmente, la organización enfrenta desafíos en la trazabilidad, integración y confiabilidad de la información operativa, técnica y financiera, debido al uso de formatos manuales y archivos independientes que generan reprocesos y dificultan el análisis oportuno de datos clave para la gestión.

Como respuesta, se diseñó y validó un prototipo mínimo viable (MVP) basado en la integración de SharePoint, Excel y Chart JS, que permite centralizar información operativa, estandarizar registros y automatizar indicadores estratégicos. La herramienta facilita el seguimiento de horas trabajadas, consumo de combustible, mantenimientos y costos, complementado con un dashboard gerencial que mejora la eficiencia en la toma de decisiones y reduce significativamente los tiempos de elaboración de reportes operativos, al transformar datos dispersos en información organizada, visual y accesible en tiempo real.

El proceso metodológico combinó Design Thinking y Lean Startup, soportado por entrevistas, diagnóstico organizacional y validación con usuarios internos. Las proyecciones financieras muestran que la empresa, que registra gastos anuales cercanos a \$700 millones en operación de maquinaria, podría alcanzar ahorros estimados de \$35 millones/año ( $\approx 5\%$  de los costos de flota). El análisis financiero evidencia una TIR del 27,69 %, un VPN positivo de \$8,5 millones y un periodo de recuperación de 3,18 años, respaldando la viabilidad económica del proyecto.

Los resultados de la validación indican mejoras en la oportunidad y confiabilidad de los datos, reducción de tiempos de reporte, fortalecimiento de las competencias digitales del personal y un incremento en la transparencia operativa. Además, el MVP aporta beneficios ambientales y sociales al disminuir el uso de papel y promover prácticas administrativas más eficientes.

Se concluye que el prototipo constituye una herramienta estratégica para incrementar la productividad, trazabilidad y capacidad analítica de BC Construcciones S.A.S. El modelo es escalable y el MVP sienta las bases para futuras fases de automatización y mejora continua, permitiendo a la organización avanzar de manera progresiva hacia una gestión digital integral de su operación de maquinaria pesada.

**Palabras clave:** transformación digital, gestión de maquinaria, analítica operacional, design thinking, lean startup

## Contenido

<b>1. Contexto y desafío de innovación .....</b>	<b>12</b>
1.1. Análisis del ecosistema de innovación del sector y de la solución propuesta. 12	
1.2. Entendimiento de las necesidades del área y/o unidad de negocio: .....	13
1.3. Mapa de empatía del cliente/usuario: .....	14
1.4. Definición del problema utilizando "How Might We" (HMW):.....	14
<b>2. Solución Innovadora.....</b>	<b>15</b>
2.1. Solución innovadora: .....	15
2.2. Descripción de la solución.....	17
2.3. Prototipo conceptual: .....	17
2.4. Propuesta de experiencia del usuario (journey map):.....	18
<b>3. Análisis de mercado y competencia.....</b>	<b>18</b>
3.1. Evaluación de la solución con las partes interesadas: .....	18
<b>4. Plan de implementación bajo metodologías ágiles.....</b>	<b>23</b>
4.1. Roadmap de innovación y metodología de desarrollo.....	23
4.2. Equipo y recursos necesarios.....	25
<b>5. Análisis Financiero y de Impacto .....</b>	<b>25</b>
5.1. Proyecciones financieras y ROI de innovación.....	26
5.2. Impacto social y ambiental .....	29
<b>6. Gestión de riesgos y oportunidades.....</b>	<b>29</b>
6.1. Matriz de riesgos y estrategias de mitigación:.....	29
<b>7. Métricas de éxito y KPIs de Innovación .....</b>	<b>31</b>
7.1. OKRs (Objectives and Key Results) del Proyecto .....	31
7.2. Métricas de Innovación .....	33
<b>8. Plan de gestión del cambio y adopción.....</b>	<b>33</b>

8.1.	Estrategia de comunicación interna y externa .....	33
8.2.	Objetivos de comunicación .....	34
8.3.	Audiencias clave.....	34
8.4.	Mensajes clave por audiencia .....	34
8.5.	Canales de comunicación .....	34
8.6.	Cronograma de actividades de comunicación .....	35
8.7.	Responsables de comunicación .....	35
8.8.	Métricas para evaluar la efectividad de la comunicación.....	35
<b>9.</b>	<b>Cultura de innovación y mejora continua:.....</b>	<b>35</b>
9.1.	Valores y comportamientos que fomentan la innovación .....	35
9.2.	Programas de incentivos.....	36
9.3.	Métricas para evaluar la cultura de innovación.....	36
9.4.	Plan para abordar la resistencia al cambio.....	36
<b>10.</b>	<b>Conclusiones y recomendaciones.....</b>	<b>36</b>
<b>11.</b>	<b>Referencias .....</b>	<b>37</b>
<b>12.</b>	<b>Apéndices.....</b>	<b>40</b>
12.1.	Apéndice A. Semáforo de impacto.....	40
12.2.	Apéndice B. Ficha de reto .....	40
12.3.	Apéndice C. Entrevistas y encuestas de innovación.....	40
12.4.	Apéndice D. Gráfico Análisis PESTEL .....	41
12.5.	Apéndice E. Mapa de actores del ecosistema de innovación .....	42
12.6.	Apéndice F. Benchmark sectorial de soluciones para la gestión de maquinaria pesada .....	43
12.7.	Apéndice G. Análisis DOFA del área operativa.....	44
12.8.	Apéndice H. Mapa de empatía del usuario.....	44

12.9.	Apéndice I. “¿Cómo podríamos?” (HMW).....	46
12.10.	Apéndice J. Aplicación de la técnica de los 5 Whys – BC Construcciones S.A.S.	47
12.11.	Apéndice K. Pregunta detonadora.....	48
12.12.	Apéndice L. Job to Be Done – BC Construcciones S.A.S. ....	49
12.13.	Apéndice M. Curva de valor – Mapa de valor (Teoría del Océano Azul) – BC Construcciones S.A.S.....	49
12.14.	Apéndice N. Value Proposition Canvas (perfil del usuario + mapa de valor) – BC Construcciones S.A.S. ....	50
12.15.	Apéndice Ñ. Informe de encuesta de validación de la propuesta de valor – BC Construcciones S.A.S.....	50
12.16.	Apéndice O. Business Model Canvas – BC Construcciones S.A.S. ....	51
12.17.	Apéndice P. Storyboard completo de interacción del sistema.....	52
12.18.	Apéndice Q. Mockups del sistema y estructura visual del dashboard.....	52
12.19.	Apéndice R. Journey Map ampliado con descripción gráfica de la solución..	53
12.20.	Apéndice S. Matriz de influencia e interés.....	54
12.21.	Apéndice T. Matriz de resultados de entrevistas.....	55
12.22.	Apéndice U. Simulador financiero .....	55
12.23.	Apéndice V. Matriz detallada de riesgos, mapa visual de riesgos y plan de monitoreo y contingencia.....	56
12.24.	Apéndice W. Procedimiento de actualización de riesgos y lecciones aprendidas	56
12.25.	Apéndice X. Dashboard de KPIs de innovación .....	57
12.26.	Apéndice Y. Cronograma de comunicación y capacitación.....	58
12.27.	Apéndice Z. Modelo ADKAR.....	59
12.28.	Apéndice AA. Validación y prueba piloto de instrumentos de recolección de información	59

### **Lista de figuras**

<b>Figura 1</b> Mockups del sistema y estructura visual del dashboard.....	17
--	----

### **Lista de tablas**

<b>Tabla 1</b> Características y beneficios del prototipo digital (MVP) .....	16
<b>Tabla 2</b> Journey map .....	18
<b>Tabla 3</b> Grupos de interés Relevantes.....	19
<b>Tabla 4</b> Criterios de evaluación y segmentación .....	20
<b>Tabla 5</b> Nivel de Aceptación por grupos .....	20
<b>Tabla 6</b> Preocupaciones y resistencias .....	21
<b>Tabla 7</b> Análisis de viabilidad.....	21
<b>Tabla 8</b> Plan de Acción .....	22
<b>Tabla 9</b> Road Map de innovación .....	23
<b>Tabla 10</b> Riesgos identificados y plan de mitigación .....	24
<b>Tabla 11</b> Equipo de profesionales requeridos para el proyecto .....	25
<b>Tabla 12</b> Presupuesto estimado.....	26
<b>Tabla 13</b> Flujo de Caja.....	27
<b>Tabla 14</b> Indicadores Financieros .....	28
<b>Tabla 15</b> Análisis de sensibilidad.....	28
<b>Tabla 16</b> Matriz de riesgos y estrategias de mitigación resumen. ....	30
<b>Tabla 17</b> Matriz cualitativa de riesgos (resumen).....	30
<b>Tabla 18</b> Resultados clave objetivo 1 .....	32
<b>Tabla 19</b> Resultados clave objetivo 2 .....	32
<b>Tabla 20</b> Resultados clave objetivo 3 .....	32

<b>Tabla 21</b>	Métricas de innovación .....	33
<b>Tabla 22</b>	Audiencias clave .....	34
<b>Tabla 23</b>	Mensajes clave por Audiencia .....	34
<b>Tabla 24</b>	Responsables de la comunicación.....	35
<b>Tabla 25</b>	Métricas para evaluar la efectividad de la comunicación .....	35
<b>Tabla 26</b>	Programa de incentivos.....	36
<b>Tabla 27</b>	Métricas para evaluar la cultura de la innovación .....	36
<b>Tabla 28</b>	Métricas para evaluar la innovación .....	36

### **Lista de Figuras Apéndices**

<b>Figura D1</b>	Análisis Pestel.....	41
<b>Figura E1</b>	Mapa de actores.....	42
<b>Figura F1</b>	Benchmark sectorial de soluciones para la gestión de maquinaria pesada.....	43
<b>Figura G1</b>	Análisis DOFA.....	44
<b>Figura H1</b>	Mapa de empatía.....	45
<b>Figura I1</b>	Como podríamos HMW 1.....	46
<b>Figura I2</b>	Como podríamos HMW 2.....	47
<b>Figura K1</b>	Pregunta detonadora.....	48
<b>Figura N1</b>	Value Proposition Canvas.....	50
<b>Figura O1</b>	Business Model Canvas.....	51
<b>Figura P1</b>	Storyboard completo de interacción del sistema.....	52
<b>Figura R1</b>	Journey Map.....	53
<b>Figura S1</b>	Matriz de influencia e interés.....	54
<b>Figura T1</b>	Matriz de resultados de entrevistas.....	55
<b>Figura X1</b>	Dashboard KPI de innovación.....	57
<b>Figura Y1</b>	Cronograma de comunicación Capacitación.....	58
<b>Figura Z1</b>	Modelo ADKAR.....	59

### **Visión general del proyecto**

El proyecto propone una solución tecnológica innovadora para optimizar la gestión de maquinaria pesada en BC Construcciones S.A.S., a través de un prototipo mínimo viable (MVP) que integra SharePoint, Excel y Chart JS para centralizar y analizar datos operativos y financieros en tiempo real. Desarrollado bajo metodologías Design Thinking y Lean Startup, el prototipo fue validado con usuarios internos, evidenciando su potencial para reducir costos, mejorar la trazabilidad y fortalecer la cultura digital de la empresa, sentando las bases para una futura automatización sostenible de procesos.

### **Propuesta de valor única**

El MVP ofrece una solución integral para el control operativo y financiero de la maquinaria pesada, sin requerir infraestructura tecnológica compleja. Su valor diferencial radica en la automatización de reportes en tiempo real mediante la integración de SharePoint, Excel y Chart JS, permitiendo monitorear indicadores clave como costos, consumo y rentabilidad. La herramienta optimiza recursos, facilita decisiones basadas en datos y fortalece la sostenibilidad y eficiencia operativa de la empresa.

### **Resultados clave esperados**

- Desarrollo y validación funcional del MVP inicial con tableros automatizados que integren la información operativa y financiera.
- Reducción en los tiempos de consolidación de reportes operativos y en costos asociados al mantenimiento correctivo.
- Mejora del nivel de trazabilidad y control operativo mediante la centralización de la información en una base de datos única.
- Incremento de la eficiencia administrativa en la planificación de mantenimiento y asignación de equipos.
- Adopción progresiva del sistema por parte del personal técnico y administrativo, promoviendo competencias digitales internas.

## **Objetivos y alineación estratégica**

El proyecto se alinea con los objetivos de transformación digital y sostenibilidad organizacional definidos por BC Construcciones S.A.S., los cuales buscan incrementar la eficiencia, la trazabilidad y la transparencia en la operación de maquinaria pesada. Asimismo, responde al propósito institucional de fomentar la innovación tecnológica como herramienta para la competitividad y la gestión responsable de recursos.

### **Objetivo general**

Diseñar y validar un prototipo mínimo viable (MVP) digital para la gestión integral de maquinaria pesada en BC Construcciones S.A.S., que permita mejorar la trazabilidad, la eficiencia operativa y la toma de decisiones mediante el uso integrado de herramientas de analítica de datos.

### **Objetivos específicos**

- Analizar el entorno interno y tecnológico de BC Construcciones S.A.S. para identificar oportunidades de digitalización en la gestión de maquinaria pesada.
- Diagnosticar los procesos actuales de control operativo asociados al uso, mantenimiento y consumo de los equipos.
- Identificar y analizar las pérdidas operativas y económicas asociadas a la gestión de maquinaria pesada, con el fin de proponer estrategias digitales que contribuyan a su reducción mediante el uso del MVP.
- Validar la viabilidad técnica y funcional del prototipo inicial a través de la interacción con los usuarios clave y el análisis de datos reales obtenidos en campo.
- Proponer un plan de acción para la adopción del sistema digital, incluyendo estrategias de capacitación, escalabilidad y sostenibilidad organizacional a mediano plazo.

## 1. Contexto y desafío de innovación

Este capítulo describe el contexto organizacional y tecnológico que dio origen al proyecto, enfocado en optimizar la gestión de maquinaria pesada en BC Construcciones S.A.S. Ante la necesidad de modernizar sus procesos y mejorar la trazabilidad operativa, la empresa impulsa el desarrollo de un prototipo mínimo viable (MVP) como estrategia de transformación digital para fortalecer la eficiencia y la toma de decisiones.

### 1.1. Análisis del ecosistema de innovación del sector y de la solución propuesta

El sector de la construcción en Colombia ocupa un papel estratégico en el desarrollo nacional, impulsado por la inversión pública en infraestructura y la adopción gradual de tecnologías digitales. (*Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) & Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL), 2015*)

En este contexto, la gestión de maquinaria pesada se consolida como un factor clave de productividad y competitividad. BC Construcciones S.A.S., con más de una década de experiencia en obras civiles, enfrenta el desafío de transitar desde procesos manuales hacia el desarrollo y validación de un modelo automatizado que integre información operativa y económica en tiempo real.

El análisis PESTEL evidencia un entorno propicio para la innovación: las políticas gubernamentales promueven la digitalización y la transparencia; el aumento de los costos operativos exige un control más eficiente; y la renovación del personal técnico impulsa la adopción tecnológica. Asimismo, los avances en IoT, GPS y analítica de datos BI facilitan la automatización accesible, mientras que los factores ambientales y normativos refuerzan la necesidad de soluciones digitales que mejoren la eficiencia energética y el cumplimiento regulatorio. Los resultados de este análisis se observan en el **Apéndice D. Gráfico Análisis PESTEL.**

El ecosistema de innovación de BC Construcciones S.A.S. se estructura en tres niveles: en el interno, la gerencia, el área financiera y el equipo técnico gestionan información clave para la toma de decisiones; en el relacional, los proveedores, contratistas y plataformas GPS inciden en la calidad de los datos; y en el externo, entidades reguladoras, competidores y aliados tecnológicos configuran el entorno de presión e innovación.

El benchmarking sectorial evidencia que empresas líderes como Caterpillar y Volvo CE sustentan su competitividad en sistemas telemáticos con monitoreo y mantenimiento predictivo, mientras que compañías nacionales como Concreto y Sacyr avanzan hacia plataformas integradas de control operativo. En este escenario, BC Construcciones S.A.S. emerge como una empresa en transición digital, capaz de adaptar tecnologías accesibles como GPS y Chart JS para construir una solución modular, de bajo costo y alto impacto. (ver **Apéndice F. Benchmark sectorial de soluciones para la gestión de maquinaria pesada**)

El desafío de innovación radica en diseñar y validar un prototipo de sistema automatizado de control y análisis de maquinaria que, en futuras fases, integre datos operativos, económicos en tiempo real, permitiendo evolucionar hacia una gestión basada en evidencia. Esta transformación fortalece la rentabilidad, la transparencia y la sostenibilidad, posicionando a la empresa como referente regional en gestión inteligente de activos. (*IoT en la gestión de activos: Mejorar el seguimiento y el control* | Digi International, s/f)

### ***1.2. Entendimiento de las necesidades del área y/o unidad de negocio:***

El área operativa de BC Construcciones S.A.S., responsable de la gestión de maquinaria pesada, es un pilar estratégico de la organización. Aunque las áreas técnica, financiera y contable coordinan frentes de obra y control presupuestal, persisten limitaciones en la integración de la información, pues el registro de uso y consumo de combustible aún se realiza en formatos manuales, generando reprocesos e inconsistencias que reducen la eficiencia operativa.

El análisis DOFA (ver **Apéndice G. Análisis DOFA del área operativa**) evidencia fortalezas asociadas a la experiencia técnica del personal, la flota propia de la empresa y el conocimiento interno de los procesos. En contraste, se identifican debilidades relacionadas con la sistematización limitada de datos y las brechas en formación digital. También se reconocen amenazas vinculadas al avance de la competencia en procesos de digitalización y a los costos asociados a la implementación tecnológica. Finalmente, se destacan oportunidades relacionadas con la transformación digital del sector, la creciente demanda de trazabilidad y la disponibilidad de tecnologías accesibles que facilitan la modernización de los procesos operativos.

BC Construcciones S.A.S. dispone de personal calificado, equipos con GPS, herramientas como Chart JS y Excel, y un presupuesto de innovación aprobado. Aunque existe

disposición hacia la digitalización, se requiere capacitación práctica. Persisten brechas en la automatización e integración de procesos, lo que afecta la confiabilidad de los indicadores. En general, la empresa cuenta con las capacidades técnicas y organizacionales para avanzar hacia un modelo digital de gestión de maquinaria que impulse la eficiencia e innovación corporativa.

### ***1.3. Mapa de empatía del cliente/usuario:***

El usuario central del sistema corresponde al personal operativo y técnico (ingenieros residentes, inspectores y operarios), quienes constituyen el vínculo entre la gestión técnica y la eficiencia económica de la empresa. El análisis empático, basado en entrevistas y encuestas, reveló que los colaboradores perciben deficiencias en la integración y confiabilidad de los datos, lo que genera sobrecarga administrativa; sin embargo, valoran la automatización como medio para obtener información precisa y oportuna. (ver **Apéndice C. Entrevistas y encuestas de innovación.**)

Los principales dolores (pains) son los reprocesos, la falta de trazabilidad y los retrasos en la información; mientras que las ganancias (gains) esperadas incluyen mayor transparencia y reducción de tiempos administrativos. El usuario tipo, entre 25 y 50 años, requiere herramientas intuitivas y fáciles de adoptar. En conjunto, el mapa de empatía evidencia un usuario pragmático que busca eficiencia y una cultura de mejora continua en BC Construcciones S.A.S.

### ***1.4. Definición del problema utilizando "How Might We" (HMW):***

El proceso de definición del problema en BC Construcciones S.A.S. combinó las metodologías 5 Whys y How Might We (HMW), apoyadas en entrevistas, encuestas de innovación y validación con el empresario. Este ejercicio permitió transformar los síntomas operativos en una oportunidad estructurada de innovación coherente con los hallazgos previos.

La técnica de los 5 Whys identificó como causa raíz la ausencia de un modelo digital que integre los datos operativos, financieros y de GPS, impidiendo consolidar información confiable sobre uso, costos y rentabilidad de la maquinaria. Esta fragmentación limita la generación de indicadores oportunos y afecta las decisiones estratégicas sobre la utilización de la flota propia o alquilada (ver **Apéndice J. Aplicación de la técnica de los 5 Whys – BC Construcciones S.A.S.**).

A partir de esta causa se formularon diversas preguntas HMW (ver **Apéndice I. “¿Cómo podríamos?” (HMW)**), orientadas a la automatización de datos, integración de fuentes, visualización de indicadores y adopción tecnológica. Tras su evaluación y validación empresarial, se seleccionó la pregunta detonadora final:

**¿Cómo podríamos implementar en BC Construcciones S.A.S. un modelo automatizado para controlar en tiempo real el uso, la rentabilidad y la eficiencia de la maquinaria?**

De esta formulación emergen cuatro líneas de acción: integración tecnológica de datos, automatización de indicadores, optimización de trazabilidad y gestión del cambio organizacional. La validación final confirmó que el problema no radica en la falta de información, sino en su uso disperso e ineficiente.

BC Construcciones S.A.S. no cuenta con un sistema digital integrado que centralice, consolide y analice la información operativa, financiera y técnica de su maquinaria pesada, lo cual genera trazabilidad limitada, reprocesos, demoras en el acceso a información confiable y decisiones basadas en datos incompletos.

## **2. Solución Innovadora**

El presente capítulo expone la solución innovadora desarrollada para BC Construcciones S.A.S., orientada a optimizar la gestión de maquinaria pesada mediante el diseño y validación de un prototipo digital (MVP) que simula la integración de datos operativos, técnicos y financieros. Esta propuesta tecnológica y organizacional busca evaluar la viabilidad de fortalecer la toma de decisiones basada en información en tiempo real, contribuyendo a la eficiencia, transparencia y sostenibilidad de la empresa.

### **2.1. Solución innovadora:**

BC Construcciones S.A.S., dedicada a proyectos de obra civil y operación de maquinaria pesada, enfrenta limitaciones en la integración y trazabilidad de su información operativa. Los datos sobre uso, consumo, mantenimiento y costos se registran manualmente o en archivos independientes, generando reprocesos y demoras que dificultan el cálculo de rentabilidad y costos unitarios en tiempo real.

En respuesta, se diseñó y validó un prototipo digital inicial (MVP) para centralizar la información operativa, económica y técnica en un sistema web propio (Setiawan & Syah, 2022). El prototipo fue desarrollado con el framework Flask y una API CRUD en Django Rest Framework, permitiendo simular la gestión de datos y evaluar su escalabilidad técnica.

El sistema considera tres perfiles:

- Operarios: registran horas trabajadas, consumo y estado operativo.
- Ingenieros residentes: reportan avances de obra, maquinaria empleada y unidades ejecutadas.
- Gerencia: incorpora costos administrativos y visualiza indicadores en un dashboard analítico denominado Chart JS.

El prototipo permite simular la generación de métricas como costos operativos, ingresos por hora, rentabilidad por máquina y proyecto, y gastos de mantenimiento o repuestos, transformando datos dispersos en información útil para decisiones estratégicas. (Ahn et al., 2016)

El benchmarking sectorial muestra que, aunque soluciones telemáticas como VisionLink®, KOMTRAX™ o CareTrack ofrecen analítica avanzada, su alto costo limita su adopción por empresas medianas. En contraste, la solución de BC Construcciones constituye una innovación incremental y accesible, adaptada a sus capacidades técnicas y financieras, que combina automatización, trazabilidad y sostenibilidad operativa en una plataforma escalable y propia.

**Tabla 1**  
*Características y beneficios del prototipo digital (MVP)*

Componente	Funcionalidad principal	Beneficio para la empresa
API y base de datos centralizada	Administra la información de maquinaria, proyectos y usuarios.	Mejora la integridad y seguridad de los datos.
Interfaz web CRUD	Permite crear, consultar, actualizar y eliminar registros.	Simplifica la gestión de datos y reduce reprocesos.
Scripts automáticos de respaldo	Ejecución programada de copias de seguridad.	Asegura la disponibilidad y recuperación de información.
Dashboard gerencial interactivo	Visualiza indicadores de rentabilidad y costos.	Facilita decisiones basadas en datos.
Semáforo de mantenimiento predictivo	Clasifica los equipos según su estado operativo (verde, amarillo, rojo).	Anticipa mantenimientos y evita fallas costosas.

Fuente: elaboración propia con base en la información suministrada en el informe de (Gabriel Galindo Martinez, 2025) y el diagnóstico interno de BC Construcciones S.A.S.

En conjunto, el prototipo representa una herramienta piloto de transformación digital, que valida la factibilidad de una futura implementación integral.

## 2.2. Descripción de la solución

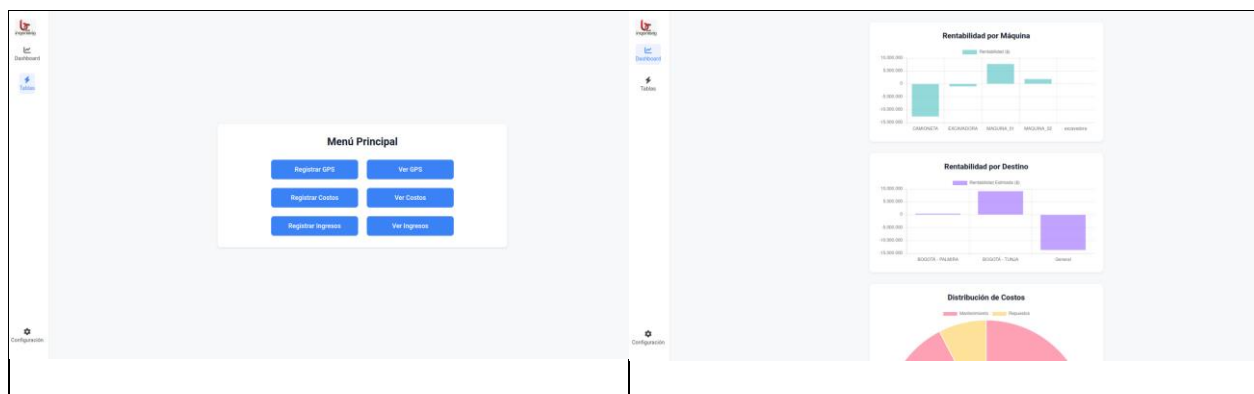
El storyboard de la solución representa de manera visual la interacción de los usuarios con el sistema digital, desde el registro de datos en campo hasta la visualización gerencial de los indicadores consolidados, se presenta en el **Apéndice P. Storyboard completo de interacción del sistema.**

## 2.3. Prototipo conceptual:

El desarrollo del prototipo conceptual se llevó a cabo con el apoyo del ingeniero electrónico Gabriel Adolfo Galindo Rodríguez, quien fue contratado por el equipo de proyecto para la programación y elaboración de los wireframes y mockups del software. Es importante precisar que la idea, el diseño conceptual y la definición funcional del sistema fueron propuestos y dirigidos por los autores del proyecto, mientras que el ingeniero Galindo ejecutó el componente técnico de desarrollo bajo las orientaciones y lineamientos establecidos por el equipo. El entorno integra un menú principal con acceso a módulos de proyectos, maquinaria, reportes y dashboard; pantallas CRUD para registrar y actualizar información según el perfil de usuario; y un dashboard gerencial con indicadores de rentabilidad, costos e impuestos. Los mockups del panel CRUD de maquinaria y del dashboard gerencial se presentan en el **Apéndice Q. Mockups del sistema y estructura visual del dashboard.**

### Figura 1

*Mockups del sistema y estructura visual del dashboard.*



Fuente: wireframes y mockups elaborados por el programador Gabriel Adolfo Galindo Rodríguez (Ingeniero Electrónico)

## 2.4. Propuesta de experiencia del usuario (journey map):

El Journey Map simula y documenta el recorrido completo del usuario desde el descubrimiento del sistema hasta la fase de adopción y recomendación. Este proceso permite identificar emociones, puntos de contacto y oportunidades de mejora en cada etapa.

**Tabla 2**  
*Journey map*

Etapa	Acciones del usuario	Puntos de contacto	Emociones	Oportunidades de mejora
<b>Conciencia</b>	La gerencia comunica la necesidad de digitalizar los controles de maquinaria.	Reunión inicial, correo institucional.	Curiosidad, expectativa.	Explicar beneficios prácticos y reducción de carga manual.
<b>Consideración</b>	Los usuarios conocen la propuesta del sistema y sus ventajas frente a los formatos en Excel.	Presentación interna, demostración del MVP.	Interés, ligera resistencia al cambio.	Generar material visual e infografías explicativas.
<b>Adquisición</b>	Instalación del sistema e ingreso de usuarios con sus credenciales.	Portal web interno.	Confianza, aprendizaje.	Acompañamiento inicial con tutor digital o video guía.
<b>Onboarding</b>	Capacitación práctica: operarios y residentes aprenden a llenar sus formatos.	Taller de formación.	Seguridad, motivación.	Simplificar menús y validar campos automáticos.
<b>Uso regular</b>	Diligenciamiento constante y visualización de indicadores.	Plataforma web (CRUD y dashboard).	Satisfacción, orgullo.	Crear alertas automáticas para anomalías o inactividad.
<b>Retención / Fidelización</b>	La gerencia utiliza los resultados para decisiones financieras.	Dashboard gerencial.	Confianza, utilidad.	Incorporar reportes personalizados y comparativos.
<b>Recomendación</b>	La empresa comparte su experiencia con aliados y contratistas.	Reuniones, licitaciones públicas.	Reconocimiento, liderazgo.	Documentar casos de éxito y replicabilidad.

Fuente: elaboración propia

## 3. Análisis de mercado y competencia

La evaluación con las partes interesadas permitió validar el nivel de aceptación del MVP inicial y reconocer las principales barreras para su futura implementación (*Project Management Institute (PMI), 2021*). Mediante entrevistas y encuestas, se obtuvieron percepciones clave que orientan la mejora del MVP. (*GPM Global, 2020*)

### 3.1. Evaluación de la solución con las partes interesadas:

La validación de la solución se realizó mediante un proceso participativo con los actores clave de gestión y operación de la empresa. La integración temprana de sus perspectivas garantizó la viabilidad, adopción e impacto organizacional del sistema. La retroalimentación obtenida permitió ajustar su funcionalidad y orientar su coherencia con las dinámicas reales de operación, previo a su potencial implementación futura. (*GPM Global, 2020*)

### 3.1.1. Identificación de las partes interesadas clave

La identificación de los stakeholders se realizó con base en su grado de influencia en la toma de decisiones y en su relación directa con la gestión de maquinaria y proyectos. Según la (*International Organization for Standardization, 2021*), el análisis de interesados debe priorizar actores que puedan afectar o ser afectados significativamente por la solución propuesta. En este caso, se identificaron cuatro grupos relevantes:

**Tabla 3**  
*Grupos de interés Relevantes*

Grupo	Rol	Interés en la solución	Influencia
Gerencia/Dirección de Proyectos	Toma de decisiones estratégicas	Optimización de costos y trazabilidad para decisiones informadas	Alta
Jefatura de Maquinaria y Mantenimiento	Coordinación de equipos y mantenimientos	Mejorar el control de uso, fallas y mantenimientos	Alta
Jefatura de Maquinaria y Mantenimiento	Registro de actividades y reportes de campo	Reducir carga administrativa y simplificar reportes	Media
Área Administrativa y Contable	Consolidación de costos y reportes financieros	Acceso a datos confiables y sin duplicidad	Media

*Nota.* Esta tabla muestra los distintos grupos de interés, su rol, su interés en la solución y su influencia. Fuente: elaboración propia.

### 3.1.2. Metodología de evaluación

Para recoger la percepción de los grupos de interés durante la fase de validación del MVP, se empleó un enfoque mixto de investigación cualitativa y cuantitativa que combinó entrevistas semiestructuradas, encuestas estructuradas y análisis multicriterio. Este enfoque permitió obtener tanto opiniones declaradas como patrones de comportamiento y expectativas reales (*John Creswell & David Creswell, 2018*)

Las entrevistas semiestructuradas se realizaron con directivos y jefes de maquinaria para profundizar en necesidades operativas, brechas de información y criterios de adopción. De manera complementaria, las encuestas estructuradas se aplicaron a operadores y personal administrativo con el objetivo de cuantificar niveles de aceptación y priorizar funcionalidades esenciales del sistema. Finalmente, se empleó un análisis multicriterio para ponderar los criterios de evaluación definidos y orientar los ajustes del MVP.

Con el fin de garantizar la validez de contenido, los instrumentos fueron revisados y validados por el Supervisor de Maquinaria de BC Construcciones S.A.S., quien verificó la claridad, coherencia y pertinencia de las preguntas frente a las necesidades operativas reales.

Asimismo, la fiabilidad se aseguró mediante una prueba piloto aplicada a cinco usuarios, lo que permitió identificar ítems ambiguos y realizar los ajustes necesarios antes de su aplicación definitiva. Los soportes de este proceso se encuentran disponibles en el **Apéndice AA**.

### **Validación y prueba piloto de instrumentos de recolección de información**

#### **3.1.3. Criterios de evaluación y segmentación**

La evaluación se realizó con base en cinco criterios alineados con la literatura sobre adopción tecnológica en proyectos:

**Tabla 4**

*Criterios de evaluación y segmentación*

<b>Criterio</b>	<b>Descripción</b>	<b>Justificación</b>
Usabilidad	Facilidad para operar el sistema	Aumenta la adopción y reduce resistencia al cambio
Reducción de carga administrativa	Tiempo ahorrado en reportes y consolidación	Impacta productividad y eficiencia
Trazabilidad y confiabilidad	Integridad y disponibilidad del dato	Mejora toma de decisiones
Integración con sistemas existentes	Capacidad de conexión futura	Asegura sostenibilidad operativa
Costo total de implementación	Asequibilidad del sistema	Asegura sostenibilidad operativa

*Nota.* Se listan los criterios con su descripción y justificación. Fuente: elaboración propia.

#### **3.1.4. Análisis de aceptación por grupo de interés**

Los resultados muestran una alta aceptación inicial del prototipo (MVP), aunque con matices por rol:

**Tabla 5**

*Nivel de Aceptación por grupos*

<b>Grupo</b>	<b>Nivel de aceptación</b>	<b>Comentarios clave</b>
Gerencia	Alta	Visualiza una herramienta estratégica para control financiero y planificación.
Jefatura de maquinaria	Muy alta	Reconoce mejora significativa en control de mantenimientos y asignaciones.
Operadores	Media	Aceptan la solución, siempre que la interfaz sea simple y rápida.
Área administrativa	Alta	Valora la reducción de duplicidades y disponibilidad inmediata de datos.

*Nota.* Se aprecian los comentarios clave por grupo de interés. Fuente: elaboración propia.

Este comportamiento es consistente con modelos de cambio organizacional, donde la adopción mejora cuando la solución simplifica tareas y reduce fricción operativa (*Kotter, 2006*)

#### **3.1.5. Hallazgos e insights**

Los principales hallazgos fueron:

- La empresa requiere centralizar la información, actualmente dispersa en hojas de cálculo y formatos manuales.

- La trazabilidad del mantenimiento es crítica para evitar tiempos muertos operativos.
- La digitalización debe ser progresiva, respetando capacidades de los usuarios.
- Los operadores necesitan una interfaz mínima, visual y móvil.

### 3.1.6. Preocupaciones y resistencias identificadas

Se identificaron las siguientes preocupaciones y resistencias

**Tabla 6**

*Preocupaciones y resistencias*

Tipo	Descripción
Resistencia al cambio	Temor a perder control manual sobre los procesos.
Digitalización histórica	Trabajo inicial para migrar registros previos.
Capacitación	Necesidad de acompañamiento en el uso del sistema.

*Nota.* Preocupaciones y resistencias. Fuente: elaboración propia.

### 3.1.7. Sugerencias de mejora de los stakeholders

Estas sugerencias orientan las mejoras para futuras iteraciones del MVP y su eventual implementación.

- Interfaz simplificada y adaptable a dispositivos móviles.
- Alertas automáticas de mantenimiento preventivo.
- Dashboards con indicadores visuales.
- Capacitación práctica en tiempo real.

### 3.1.8. Análisis de viabilidad técnica y comercial

La viabilidad del MVP se evaluó considerando tres dimensiones: técnica, comercial y operativa, cuyos resultados se sintetizan en la Tabla 7.

**Tabla 7**

*Análisis de viabilidad*

Dimensión	Viabilidad	Justificación
Técnica	Alta	Tecnologías abiertas y escalables (Flask + SQL).
Comercial	Alta	Costos menores frente a software industrial propietario.
Operativa	Media-Alta	Requiere acompañamiento inicial y adopción gradual.

*Nota.* Se identifica una alta viabilidad inicial, sujeta a validación continua en futuras fases de desarrollo. Fuente: elaboración propia.

Además del análisis anterior, se evaluaron las capacidades internas de BC Construcciones S.A.S., considerando talento humano, infraestructura tecnológica y nivel de madurez digital. La empresa cuenta con personal técnico y administrativo con competencias básicas en herramientas digitales y una infraestructura TI funcional para su operación actual. No obstante, se identifican

brechas relacionadas con la estandarización de procesos, el manejo de datos y la familiaridad con plataformas integradas.

Si bien existe una alta disposición al cambio, la adopción plena del sistema requiere fortalecer las habilidades digitales mediante un proceso de formación estructurado. Se estima necesaria una capacitación inicial de aproximadamente 20 horas, orientada a registro digital, manejo de dashboards e interacción con la interfaz móvil, con el fin de asegurar una adopción efectiva y sostenible.

Este análisis confirma que las capacidades internas actuales permiten avanzar hacia la implementación del MVP, siempre que se acompañe con capacitación y soporte progresivo.

### **3.1.9. Plan de acción**

Con base en la viabilidad identificada y en las necesidades de fortalecimiento de capacidades internas, se propone el siguiente plan de acción para la siguiente iteración del MVP:

**Tabla 8**  
*Plan de Acción*

<b>Acción</b>	<b>Responsable</b>	<b>Tiempo estimado</b>
Programa de capacitación interna	Dirección + TI	1 semana
Desarrollo de interfaz móvil	Equipo de desarrollo	2-3 semanas
Carga y migración progresiva de datos	Administración + TI	1 mes
Piloto en un proyecto real	Jefatura de maquinaria	1 mes

*Nota.* El plan de acción tendrá una duración de dos meses aproximadamente. Fuente: elaboración propia.

### **3.1.10. Recomendaciones para la siguiente fase**

- Implementar un piloto controlado en un proyecto real antes del despliegue general para validar usabilidad, tiempos de reporte y confiabilidad del dato.
- Incluir módulos automáticos de alertas e indicadores que faciliten la toma de decisiones operativas y financieras.
- Continuar fortaleciendo las capacidades del personal mediante capacitaciones periódicas que consoliden la adopción digital.

- Planear la futura integración del MVP con sistemas contables y administrativos internos, con el fin de avanzar hacia una digitalización más amplia y coherente de los procesos organizacionales.

#### 4. Plan de implementación bajo metodologías ágiles

Este capítulo presenta el plan de implementación del proyecto, sustentado en un enfoque ágil que combina las metodologías Design Sprint y Lean Startup. A través de ellas se definen las fases del desarrollo, validación y escalabilidad del sistema propuesto, así como la organización del equipo y los recursos necesarios para su ejecución.

##### 4.1. Roadmap de innovación y metodología de desarrollo

El proceso de desarrollo y validación del MVP automatizado en BC Construcciones S.A.S. se basó en un enfoque ágil que integra Design Sprint y Lean Startup, metodologías elegidas por su capacidad para validar prototipos, iterar soluciones y entregar valor en plazos cortos.

El Design Sprint, descrito por (*Knapp et al., 2016*), estructura cinco etapas: entender, idear, decidir, prototipar y probar; para validar soluciones centradas en el usuario antes del desarrollo completo. Por su parte, Lean Startup (*Ries, 2011*). aplica ciclos de construir–medir–aprender que permiten desarrollar, validar y mejorar el MVP con base en evidencia real.

Se estableció un roadmap que articula la validación inicial (Design Sprint) con la construcción, prueba y evaluación del prototipo (Lean Startup). A futuro, la empresa proyecta escalar el sistema hacia una plataforma integral de gestión de activos, mantenimiento y sostenibilidad, fortaleciendo su madurez digital en el sector constructor regional.

**Tabla 9**  
*Road Map de innovación*

Fase	Duración estimada	Metodología	Objetivo principal	Entregables claves
1. Comprensión y validación de necesidades (Semana 1)	1 semana	Design Sprint	Analizar requerimientos técnicos, flujos operativos y expectativas de usuario.	Mapa de actores, requerimientos técnicos, wireframes iniciales.
2. Ideación y diseño de experiencia de usuario (Semana 2)	1 semana	Design Sprint	Co-crear la estructura y navegación del sistema con la empresa y el desarrollador.	Mockups, flujo de usuario validado.
3. Desarrollo del MVP (Semanas 3 – 5)	3 semanas	Lean Startup (Build)	Construir el sistema CRUD con Flask y base de datos, integrando dashboard Chart JS.	MVP funcional en entorno de prueba.

## análisis operativo de maquinaria pesada en BC Construcciones S.A.S

4. Validación piloto y medición (Semanas 6 – 7)	2 semanas	Lean Startup (Measure)	Validar el MVP mediante una prueba de desempeño.	Reporte de validación piloto y feedback de usuarios.
5. Análisis de resultados y plan de mejora (Semana 8)	1 semana	Lean Startup (Learn)	Documentar aprendizajes, hallazgos y recomendaciones de iteración futura.	Informe final del MVP y plan de mejora continua.
6. Escalabilidad y mejora continua (Semana 20)	12 semanas	Lean Startup (Scaling)	Liderada por BC Construcciones S.A.S. para integrar el sistema a gran escala, ampliar módulos y usuarios.	Plan de escalabilidad, iteraciones trimestrales y nuevos módulos funcionales.

Nota: las fases 1 a 5 corresponden al desarrollo y validación del MVP inicial; la fase 6 se proyecta como una etapa futura de escalabilidad, posterior al periodo de validación del presente trabajo. Fuente: elaboración propia siguiendo las metodologías combinadas de Design Sprint y Lean Startup.

Cada fase del roadmap depende de la anterior: la validación temprana de diseño mediante Design Sprint constituye el insumo para la fase de desarrollo bajo Lean Startup, y los resultados del piloto alimentan el proceso de mejora y escalabilidad.

#### 4.1.1. Puntos de revisión y dependencias

Se establecieron revisiones semanales entre el equipo académico, la empresa desarrolladora y los representantes de BC Construcciones para validar entregables, resolver incidencias técnicas y ajustar el alcance del MVP. Estas reuniones de control permitieron garantizar coherencia metodológica, gestión de riesgos y trazabilidad documental.

#### 4.1.2. Riesgos y planes de mitigación

**Tabla 10**  
*Riesgos identificados y plan de mitigación*

Riesgo identificado	Probabilidad / Impacto	Plan de mitigación
Resistencia al cambio tecnológico	Alta / Medio	Capacitaciones cortas y comunicación transparente con operarios.
Fallos técnicos en el MVP	Media / Medio	Pruebas unitarias diarias y soporte remoto de la empresa desarrolladora.
Limitaciones en conectividad o datos	Media / Alto	Uso de almacenamiento local temporal y sincronización diferida.
Retrasos en entregas	Baja / Medio	Monitoreo semanal del cronograma ágil y revisiones continuas.

Fuente: elaboración propia.

#### 4.1.3. Iteración y mejora continua

El modelo ágil propone que, una vez finalizado el MVP, BC Construcciones podría continuar con ciclos trimestrales de actualización para incluir nuevos módulos (mantenimiento predictivo, control de combustible o indicadores ambientales). De esta forma, el proyecto transita de una innovación puntual hacia un modelo sostenible de aprendizaje organizacional.

#### 4.2. Equipo y recursos necesarios

El proyecto requiere un equipo ágil multidisciplinario que combine conocimiento técnico, visión estratégica y capacidad de co-creación. La estructura contempla la participación de BC Construcciones S.A.S., la empresa desarrolladora de software y el equipo académico de la Maestría en Gerencia de Proyectos.

**Tabla 11**  
*Equipo de profesionales requeridos para el proyecto*

Rol	Responsabilidades principales	Perfil requerido
Líder de innovación (BC Construcciones)	Define la visión estratégica, valida avances y facilita la comunicación interinstitucional.	Directivo con experiencia operativa y financiera.
Gestor del proyecto (equipo académico)	Coordina cronograma ágil, reuniones de seguimiento y documentación de resultados.	Profesional en gerencia de proyectos.
Desarrollador técnico (empresa aliada)	Desarrolla y prueba el MVP inicial (Flask, Python, SQL), mantiene la base de datos y garantiza integridad del código.	Ingeniero de software con experiencia en back-end.
Diseñador UX/UI	Crea wireframes y mockups, mejora experiencia de usuario según Design Sprint.	Diseñador digital con enfoque en usabilidad.
Analista de datos (BC Construcciones)	Integra información de GPS, combustible y obra; genera tableros Chart JS.	Ingeniero civil o financiero con dominio de BI.
Usuarios testers (inspectores y residentes)	Validan el sistema y aportan retroalimentación durante el piloto.	Personal técnico-operativo.

Fuente: elaboración propia.

No se contempla nueva contratación; los roles se asignan internamente entre el personal actual de BC Construcciones y los aliados tecnológicos. Se recomienda fortalecer capacidades en analítica de datos, cultura digital y uso de herramientas ágiles, mediante talleres prácticos y sesiones de acompañamiento interno.

Para el desarrollo y validación del MVP se utilizaron los siguientes recursos tecnológicos

- Software: Flask (Python), Chart JS, Google Forms, Excel Avanzado, GitHub.
- Hardware: Servidor en la nube (AWS Free Tier / Heroku), equipos portátiles de obra.

### 5. Análisis Financiero y de Impacto

Este capítulo analiza la viabilidad financiera y el impacto del prototipo digital (MVP) para centralizar la información operativa, económica y técnica en BC Construcciones S.A.S. Con base en el Simulador Financiero de la Universidad EAN (*Reyes Giraldo, s/f*), se proyectan y

validan de forma inicial indicadores de rentabilidad, flujo de caja y punto de equilibrio, junto con los impactos sociales y ambientales derivados de la adopción tecnológica y su alineación con los ODS 2030.

### 5.1. *Proyecciones financieras y ROI de innovación*

#### 5.1.1. *Inversión inicial requerida*

La inversión inicial para la solución innovadora asciende a \$15.000.000 COP, destinados al desarrollo del software y la base de datos del sistema. El proyecto se financia 100% con recursos propios, evitando endeudamiento y reduciendo riesgos financieros. No requiere inversiones en infraestructura ni maquinaria adicional, pues se integra a la flota existente; los gastos de implementación se limitan a la adecuación tecnológica y capacitación inicial del personal.

#### 5.1.2. *Proyección de ingresos y costos operativos*

El proyecto no generará ingresos directos; en su fase piloto se estiman ahorros operativos de \$35.000.000 COP para el primer año (2026), equivalentes al 5 % de los gastos históricos de flota (≈\$700 millones). Se proyecta un crecimiento anual del 3 % en los ahorros, resultado de la consolidación y mejora continua del sistema digital.

En la **Tabla 12** se detalla la inversión inicial y los costos operativos anuales estimados.

**Tabla 12**  
*Presupuesto estimado*

Categoría	Descripción	Costo anual (COP)
<b>Inversión inicial</b>	Desarrollo del software y base de datos	<b>\$15.000.000</b>
<b>Costos operativos fijos</b>		
• Outsourcing tecnológico (hardware e IoT)	Mantenimiento de dispositivos de monitoreo y sensores	\$9.000.000
• Licencias y servicios en la nube	Plataformas, almacenamiento de datos y servicios digitales	\$5.000.000
• Soporte técnico y mantenimiento	Servicio anual de asistencia técnica y actualización del sistema	\$5.500.000
• Capacitación y formación del personal	Talleres anuales de uso del sistema y adopción digital	\$1.500.000
<b>Total costos operativos anuales</b>	Suma de los costos fijos del sistema	<b>\$21.000.000</b>
<b>Total inversión y operación (año 1)</b>	Inversión inicial + costos operativos	<b>\$36.000.000</b>

*Nota.* inflación según 3,8% (2027), 4,2% (2028), 4,0% (2029); tasa de impuesto corporativo 35%; no se considera CAPEX adicional en infraestructura pesada durante el piloto. Fuente: elaboración propia

### 5.1.3. Flujo de caja proyectado

El flujo de caja libre, calculado en la Hoja 4 del **Apéndice U. Simulador financiero**, parte de una inversión inicial negativa de \$15 millones en el año 2026. A partir del segundo año (2027), el flujo se vuelve positivo gracias a los ahorros netos generados. Los flujos netos proyectados son los siguientes:

**Tabla 13**  
*Flujo de Caja*

AÑO	2026	2027	2028	2029
EBIT	\$ 11,000,000.0	\$ 12,621,900.0	\$ 14,447,765.9	\$ 16,398,708.5
Impuestos	\$ 3,850,000.0	\$ 4,417,665.0	\$ 5,056,718.1	\$ 5,739,548.0
NOPLAT	\$ 7,150,000.0	\$ 8,204,235.0	\$ 9,391,047.8	\$ 10,659,160.5
Inversión Neta	\$ -7,150,000.0	\$ -1,054,235.0	\$ -1,186,812.8	\$ -1,268,112.7
<b>Flujo de Caja Libre del período</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ 7,150,000</b>	<b>\$ 8,204,235</b>	<b>\$ 9,391,048</b>

*Nota.* Cálculos realizados mediante el uso del Simulador Financiero desarrollado por Reyes Giraldo (s. f.) en la Universidad EAN. Fuente: elaboración propia

Estos valores reflejan una tendencia de rentabilidad progresiva y sostenida, sustentada en la reducción de gastos operativos y la optimización de recursos energéticos y logísticos. El flujo acumulado se vuelve positivo durante el tercer año de operación, confirmando la viabilidad del modelo.

### 5.1.4. Punto de equilibrio

De acuerdo con la Hoja 5 del Simulador Financiero, el punto de equilibrio se alcanza al materializar el 60 % de los ahorros proyectados, equivalentes a \$21.000.000 COP. Esto significa que, aun si la herramienta digital solo logra un 60 % del ahorro estimado, el proyecto cubrirá la totalidad de sus costos fijos sin incurrir en pérdidas. Esta relación evidencia un margen de seguridad alto y una estructura de costos eficiente.

### 5.1.5. Indicadores financieros

Los principales resultados financieros del proyecto se resumen a continuación:

**Tabla 14**  
*Indicadores Financieros*

Indicador	Resultado	Interpretación
Valor Presente Neto (VPN)	\$8.556.023	Positivo, genera valor agregado sobre el capital invertido.
Tasa Interna de Retorno (TIR)	27,69 %	Superior al 12 % de tasa de descuento, evidencia alta rentabilidad.
Periodo de Recuperación (Payback)	3,18 años	Recuperación rápida del capital invertido.
ROI (Retorno sobre la Inversión, 3 años)	85%	Alta eficiencia económica, evidencia retorno sólido.

*Nota.* Resultados obtenidos mediante el uso del Simulador Financiero desarrollado por Reyes Giraldo (s. f.) en la Universidad EAN. Fuente: elaboración propia

Los indicadores confirman que el proyecto sería financieramente rentable, con una TIR más del doble de la tasa mínima exigida, un VPN positivo y un periodo de recuperación inferior a 3,5 años, un ROI del 85%, lo que se considera favorable para proyectos tecnológicos de carácter empresarial.

El análisis financiero y sus resultados pueden ser consultados en el **Apéndice U. Simulador financiero**, los cuales fueron obtenidos mediante el uso de la herramienta desarrollado por Reyes Giraldo (s. f.) en la Universidad EAN.

### 5.1.6. Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad muestra la variación de los resultados financieros frente a diferentes niveles de ahorro operativo. Los escenarios simulados son del 3 %, 5 % y 8 % de eficiencia sobre los costos históricos:

**Tabla 15**  
*Análisis de sensibilidad*

Escenario	VPN (COP)	TIR Anual Equivalente	Payback (años)
Ahorro 3 %	1.2 M	18%	4.2
Ahorro 5 % (base)	8.6 M	27.70%	3.2
Ahorro 8 %	16.9 M	38%	2.4

*Nota.* Resultados obtenidos mediante el uso del Simulador Financiero desarrollado por Reyes Giraldo (s. f.) en la Universidad EAN. Fuente: elaboración propia.

Con estos resultados se evidencia la robustez financiera del modelo: incluso en un escenario conservador (3 % de ahorro), el proyecto sigue siendo viable con VPN positivo. En el escenario optimista (8 % de ahorro), la rentabilidad crece significativamente, mostrando la escalabilidad del modelo y su potencial de replicabilidad en otras líneas de negocio.

#### **5.1.7. Métricas de innovación**

Las métricas financieras confirman que la innovación aporta valor tangible a la organización. El proyecto reduce los costos operativos, mejora la trazabilidad y genera información para decisiones basadas en datos. Desde la perspectiva de innovación, el ROI se complementa con indicadores de desempeño tecnológico (reducción de tiempos de inactividad, mejora del uso de combustible, disminución de mantenimiento correctivo), los cuales fortalecen el valor estratégico de la inversión.

#### **5.2. Impacto social y ambiental**

El proyecto genera impactos sociales y ambientales positivos al fortalecer la eficiencia operativa, la profesionalización del personal técnico y la adopción de tecnologías digitales en BC Construcciones S.A.S. La validación piloto del MVP, orientada a centralizar la información, económica y técnica en BC Construcciones S.A.S impulsa la capacitación, la transparencia y la sostenibilidad laboral, reduciendo el consumo de papel y las emisiones de CO<sub>2</sub> mediante el uso racional del combustible y el mantenimiento predictivo. Estas acciones respaldan los ODS 8, 9, 12 y 13, integrando innovación, sostenibilidad y responsabilidad ambiental (*ODS Colombia, 2018*). En conjunto, el proyecto presenta un balance costo–beneficio favorable, al combinar ahorros operativos con beneficios intangibles como bienestar laboral, reputación corporativa y reducción de la huella ambiental.

### **6. Gestión de riesgos y oportunidades**

#### **6.1. Matriz de riesgos y estrategias de mitigación:**

La validación piloto del Minimum Viable Product (MVP) para la gestión digital de maquinaria pesada en BC Construcciones S.A.S. implica una transición tecnológica que, aunque

presenta beneficios operativos significativos, también expone la organización a ciertos riesgos técnicos, financieros y de adopción (Ivanov et al., 2025). Una gestión proactiva de estos riesgos es esencial para garantizar la sostenibilidad del proyecto y su alineación con los objetivos estratégicos de eficiencia y control.

### 6.1.1. Identificación y evaluación de riesgos

Los principales riesgos potenciales del proyecto se clasifican en cuatro categorías: técnicos, operativos, financieros y organizacionales. Para cada uno se evaluó su probabilidad e impacto, definiendo estrategias de mitigación específicas.

**Tabla 16**  
*Matriz de riesgos y estrategias de mitigación resumen.*

Categoría	Riesgo identificado	Probabilidad	Impacto	Estrategia de mitigación	Responsable
<b>Técnico</b>	Fallos en la integración entre SharePoint, Excel y Chart JS	Media	Alta	Pruebas de interoperabilidad antes de fase piloto y respaldo de datos semanal	Coordinador de TI
<b>Operativo</b>	Resistencia del personal operativo al uso del sistema digital	Alta	Media	Capacitaciones prácticas y acompañamiento durante los tres primeros meses	Gerencia administrativa
<b>Financiero</b>	Incremento imprevisto en los costos de mantenimiento de software	Media	Media	Negociar contratos de soporte anual fijo con proveedores externos	Gerencia administrativa
<b>Organizacional</b>	Rotación de personal clave en el área técnica	Media	Alta	Documentar procesos y crear manuales de operación para transferencia de conocimiento	Dirección de proyectos
<b>De seguridad de la información</b>	Pérdida o filtración de datos de operación de maquinaria	Baja	Alta	Implementar protocolos de acceso con autenticación multifactor y copias de seguridad automáticas	Coordinador de TI
<b>De continuidad operativa</b>	Fallas en la conexión o acceso remoto al sistema en campo	Media	Media	Disponer de acceso offline temporal y sincronización posterior de datos	Área de sistemas

*Nota.* Elaboración propia con base en el diagnóstico operativo de BC Construcciones S.A.S.  
Fuente: elaborado por el autor

### 6.1.2. Priorización y matriz de riesgo

La matriz de probabilidad e impacto muestra que los riesgos más críticos se concentran en los ámbitos técnico y organizacional, por lo que se priorizan acciones orientadas a fortalecer la estabilidad tecnológica, la capacitación continua y la gestión del cambio.

**Tabla 17**  
*Matriz cualitativa de riesgos (resumen)*

Impacto \ Probabilidad	Baja	Media	Alta
<b>Alta</b>	Seguridad de la información	Integración tecnológica, rotación de personal	—
<b>Media</b>	—	Costos de mantenimiento, conectividad	Resistencia al cambio

Impacto \ Probabilidad	Baja	Media	Alta
Baja	—	—	—

*Nota.* Elaboración propia con base en la evaluación interna de riesgos del proyecto. Fuente: elaborado por el autor

Los riesgos críticos son aquellos con impacto alto y probabilidad media o alta, que requieren seguimiento mensual y reportes al comité de innovación.

### **6.1.3. Estrategias generales de mitigación**

Las estrategias de mitigación se agrupan en cinco líneas de acción: realizar pruebas de interoperabilidad, copias de seguridad automáticas y actualizaciones trimestrales de seguridad; fortalecer la adopción del MVP mediante capacitaciones y acompañamiento inicial; formalizar contratos anuales de soporte a valor fijo; documentar procedimientos para asegurar la transferencia de conocimiento; y establecer un plan de contingencia que permita operar temporalmente en modo offline en caso de fallas de conectividad.

### **6.1.4. Plan de seguimiento y actualización**

Se propone revisar los riesgos trimestralmente con el comité de innovación, evaluando su estado, la efectividad de las acciones y la aparición de nuevos riesgos vinculados a la evolución del MVP. Este seguimiento continuo garantiza una gestión dinámica que preserve el valor estratégico de la innovación y reduzca la exposición a eventos que afecten la productividad.

## **7. Métricas de éxito y KPIs de Innovación**

Para este proyecto se adoptó el enfoque de Objectives and Key Results (OKRs), el cual permite establecer metas estratégicas alineadas con la visión organizacional y resultados medibles asociados a indicadores claros (Doerr, 2018) y se integran métricas de innovación que permiten evaluar los resultados del MVP durante su validación, mediante métricas de innovación y desempeño organizacional (Project Management Institute (PMI), 2021).

### **7.1. OKRs (Objectives and Key Results) del Proyecto**

#### **7.1.1. Objetivos**

**Objetivo 1:** Validar y poner a prueba un sistema centralizado para la gestión de maquinaria y proyectos que mejore la trazabilidad de la información.

**Tabla 18**  
*Resultados clave objetivo 1*

Resultados Clave (KR)	Métrica / KPI	Plazo	Responsable
KR1.1: Consolidar el 100% de los registros de maquinaria en la base de datos centralizada.	% de registros migrados	6 semanas	Área Administrativa + TI
KR1.2: Reducir en 40% el tiempo de elaboración de reportes operativos.	Tiempo promedio por reporte	8 semanas	Coordinación de Proyectos
KR1.3: Implementar acceso web y móvil para consulta y registro.	funcionalidad operativa validada en 10 semanas el MVP		Equipo de Desarrollo

*Nota.* Se determina la métrica el plazo y los responsables por cada resultado clave del objetivo 1.

Fuente: elaborado por el autor

**Objetivo 2:** Incrementar la adopción y uso efectivo del sistema entre el personal operativo y administrativo.

**Tabla 19**  
*Resultados clave objetivo 2*

Resultados Clave (KR)	Métrica / KPI	Plazo	Responsable
KR2.1: Lograr que al menos el 80% de los operadores utilice el sistema diariamente.	Tasa de uso activo diario	12 semanas	Supervisor de Maquinaria
KR2.2: Capacitar al 100% de los usuarios involucrados.	Nº de usuarios capacitados / total	4 semanas	Talento Humano
KR2.3: Alcanzar un índice de satisfacción del usuario $\geq 4/5$	Encuesta de satisfacción post-capacitación	14 semanas	Gerencia de Proyecto

*Nota.* Se determina la métrica el plazo y los responsables por cada resultado clave del objetivo 2.

Fuente: elaborado por el autor

**Objetivo 3:** Evaluar la mejora en eficiencia operativa y toma de decisiones basada en datos confiables a través del uso del MVP.

**Tabla 20**  
*Resultados clave objetivo 3*

Resultados Clave (KR)	Métrica / KPI	Plazo	Responsable
KR3.1: Reducir en 25% los tiempos muertos de maquinaria por fallas no anticipadas.	Horas de inactividad / mes	4 meses	Supervisor de Mantenimiento
KR3.2: Generar reportes automáticos semanales sin intervención manual.	Nº de reportes generados automáticamente	6 semanas	Equipo de TI
KR3.3: Integrar indicadores de desempeño en dashboard visual.	Dashboard validado y operativo	8 semanas	Dirección de Proyectos

*Nota.* Se determina la métrica el plazo y los responsables por cada resultado clave del objetivo 3.

Fuente: elaborado por el autor

### **7.1.2. Alineación Estratégica y Proceso de Revisión**

Los OKR se alinean con las prioridades de eficiencia operativa, control financiero y digitalización progresiva de procesos. Siguiendo las prácticas recomendadas, se revisarán

mensualmente en comité operativo y trimestralmente en reunión directiva, ajustándose conforme a los aprendizajes, barreras o avances identificados (*Project Management Institute (PMI), 2021*)

## 7.2. Métricas de Innovación

Para evaluar el impacto innovador del proyecto se emplean los siguientes indicadores:

**Tabla 21**  
*Métricas de innovación*

Métrica de Innovación	Descripción	Indicador Esperado	Momento de Medición
Tasa de adopción del sistema	Porcentaje de usuarios activos sobre usuarios totales	≥ 80% de adopción	Mes 3 y Mes 6
NPS (Net Promoter Score)	Nivel de recomendación interna de la herramienta	≥ +30 (positivo)	Mes 3 post-lanzamiento
Tiempo de lanzamiento al uso operativo	Duración desde inicio del desarrollo hasta piloto	10–12 semanas	Al cierre de fase piloto
% de procesos operativos digitalizados	Proporción de tareas antes manuales ahora automatizadas	≥ 60% al mes 4	Fase de estabilización
Participación de empleados en la innovación	Personal que aporta mejoras o sugerencias	≥ 50% de los usuarios	Durante retroalimentaciones

*Nota.* Se describen las métricas de innovación con sus indicadores y momentos de medición.

Fuente: elaborado por el autor

Estas métricas permiten evaluar el funcionamiento técnico, la adopción cultural y efectividad real del cambio organizacional, tal como recomiendan los modelos de gestión de innovación sostenible (*GPM Global, 2020*)

## 8. Plan de gestión del cambio y adopción

La gestión del cambio es un componente esencial que garantiza la adopción sostenible del sistema de gestión de maquinaria, ya que la validación tecnológica del MVP por sí sola no garantiza el éxito si los usuarios no la incorporan efectivamente en sus prácticas de trabajo (*Hiatt, 2006*). El presente plan integra acciones de comunicación, capacitación y acompañamiento organizacional para facilitar la transición y reducir la resistencia al cambio (*Project Management Institute (PMI), 2021*)

### 8.1. Estrategia de comunicación interna y externa

La estrategia de comunicación se basa en el modelo ADKAR (Awareness, Desire, Knowledge, Ability, Reinforcement) para asegurar que los usuarios comprendan la necesidad del cambio, deseen adoptarlo, aprendan a utilizar la herramienta y mantengan su uso en el tiempo (*Hiatt, 2006*). La comunicación será clara, continua, bidireccional y adaptada a cada grupo.

### 8.2. *Objetivos de comunicación*

- Informar a los colaboradores sobre el propósito y beneficios del sistema.
- Generar compromiso y motivación hacia la adopción de la solución.
- Reducir incertidumbre y resistencia al cambio.
- Fomentar la apropiación progresiva del MVP durante su validación mediante capacitación y acompañamiento..
- Alinear la implementación con los objetivos estratégicos de la organización.

### 8.3. *Audiencias clave*

**Tabla 22**  
*Audiencias clave*

<b>Audiencia</b>	<b>Descripción</b>	<b>Nivel de interés</b>	<b>Influencia</b>
Dirección y Gerencia	Toma decisiones estratégicas y financieras	Alto	Alto
Supervisor de Maquinaria	Responsable de la coordinación operativa	Alto	Alto
Operadores de maquinaria	Registran datos y reportes	Medio	Medio
Área administrativa	Consolida y analiza la información	Alto	Medio
Clientes/Contratistas (externa)	Podrían beneficiarse de informes más confiables	Bajo	Bajo

*Nota.* Se refleja el impacto que se generarían las audiencias clave, elaboración propia. Fuente: elaborado por el autor

### 8.4. *Mensajes clave por audiencia*

**Tabla 23**  
*Mensajes clave por Audiencia*

<b>Audiencia</b>	<b>Mensaje clave</b>
Dirección	El sistema permitirá mejorar, reduce costos y soporta decisiones estratégicas.
Supervisor de maquinaria	Facilita el control de mantenimiento y asignación de equipos en tiempo real.
Operadores	El sistema simplifica reportes, reduce retrabajos y facilita su labor diaria.
Área administrativa	Evita duplicidad de información y mejora la generación de informes.
Clientes/Contratistas	La empresa mejora la transparencia y confiabilidad en los reportes de obra.

*Nota.* Se muestra el mensaje clave para la audiencia, elaboración propia. Fuente: elaborado por el autor

### 8.5. *Canales de comunicación*

- Reuniones de lanzamiento y socialización.
- Comunicados internos vía correo y carteleras.
- Manuales y video-tutoriales con ejemplos operativos.
- Talleres prácticos presenciales y demostraciones en sitio.
- Canal digital de soporte (chat interno / WhatsApp / Helpdesk).

### 8.6. Cronograma de actividades de comunicación

El cronograma consta de 8 semanas, ver **Apéndice Y. Cronograma de comunicación y capacitación**

### 8.7. Responsables de comunicación

**Tabla 24**

*Responsables de la comunicación*

Rol	Responsabilidad
Director del Proyecto	Dirección del proceso y toma de decisiones.
Coordinador de Comunicaciones / Talento Humano	Diseño y ejecución de mensajes y capacitaciones.
Equipo de TI	Acompañamiento operativo y soporte técnico.
Supervisor de Maquinaria	Seguimiento en campo y retroalimentación.

*Nota.* Se muestra la responsabilidad de comunicación por cada rol. Fuente: elaborado por el autor

### 8.8. Métricas para evaluar la efectividad de la comunicación

**Tabla 25**

*Métricas para evaluar la efectividad de la comunicación*

Métrica	Indicador	Frecuencia
Nivel de adopción del sistema	% de usuarios activos diarios	Mensual
Nivel de satisfacción del usuario	Encuesta $\geq 4/5$	Mensual post-capacitación
Participación en capacitaciones	% de asistencia registrada	Durante la implementación
Coherencia de reporte operativos	% de reducción de reportes duplicados	Trimestral

*Nota.* Se muestran las métricas para la evaluación efectiva de la comunicación. Fuente: elaborado por el autor

## 9. Cultura de innovación y mejora continua:

Fortalecer la cultura de innovación es esencial para garantizar la adopción efectiva y la sostenibilidad del sistema de gestión de maquinaria y proyectos. La innovación organizacional no depende únicamente de herramientas tecnológicas, sino de los valores, comportamientos y dinámicas internas que guían la colaboración y el aprendizaje constante (*Project Management Institute (PMI), 2021*)

### 9.1. Valores y comportamientos que fomentan la innovación

Para consolidar un entorno innovador, la organización debe fortalecer la colaboración y apertura entre áreas, fomentar la proactividad en la mejora de procesos, promover el aprendizaje continuo en competencias digitales y consolidar una toma de decisiones basada en datos. Estos comportamientos se integran mediante una comunicación interna efectiva y la alineación de objetivos colectivos (*Schein & Schein, 2017*).

## 9.2. Programas de incentivos

Con el propósito de estimular la participación del personal, se recomienda implementar:

**Tabla 26**

*Programa de incentivos*

Iniciativa	Descripción
Reconocimiento mensual a usuarios destacados	Basado en uso eficiente del sistema o aportes a mejoras.
Espacios de innovación	Reuniones breves para proponer mejoras operativas.
Certificaciones internas	Constancia de capacitación digital para desarrollo del perfil laboral.

*Nota:* Estas acciones refuerzan la apropiación del MVP y de su metodología asociada,

fortaleciendo el sentido de pertenencia. Fuente: elaborado por el autor

## 9.3. Métricas para evaluar la cultura de innovación

**Tabla 27**

*Métricas para evaluar la cultura de la innovación*

Métrica	Indicador	Frecuencia
Tasa de adopción del sistema	% de usuarios activos	Mensual
Participación en propuestas de mejora	Nº de sugerencias registradas	Trimestral
Satisfacción con herramientas tecnológicas	Encuesta interna (>4/5 esperado)	Semestral
Nivel de colaboración inter-áreas	Evaluación cualitativa en equipos	Semestral

*Nota.* Estas métricas permiten monitorear la evolución cultural y ajustar procesos de

acompañamiento durante y después de la fase piloto del MVP. Fuente: elaborado por el autor

## 9.4. Plan para abordar la resistencia al cambio

La resistencia al cambio es natural y debe gestionarse de forma anticipada. Se propone aplicar el modelo ADKAR (Awareness, Desire, Knowledge, Ability, Reinforcement) para acompañar la transición (Hiatt, 2006).

**Tabla 28**

*Métricas para evaluar la innovación*

Etapas	Acción	Responsable
Awareness (Conciencia)	Socializar beneficios del sistema	Dirección
Desire (Deseo)	Vincular incentivos y reconocimiento	Talento Humano
Knowledge (Conocimiento)	Capacitación práctica por roles	Equipo de TI
Ability (Habilidad)	Acompañamiento en uso real	Jefatura de Maquinaria
Reinforcement (Refuerzo)	Retroalimentación continua y ajustes	Gerencia

*Nota.* Este enfoque permite asegurar una adopción progresiva y sostenible en el tiempo. Fuente:

elaborado por el autor

## 10. Conclusiones y recomendaciones

El desarrollo de este proyecto demostró, a través de la validación del MVP, que la transformación digital constituye un eje estratégico para incrementar la competitividad y

sostenibilidad de las empresas del sector de la construcción. A partir del diagnóstico interno y del análisis del entorno tecnológico, se identificaron brechas en la trazabilidad, consolidación y análisis de la información operativa de la maquinaria pesada, lo que justificó la necesidad de prototipar y validar un modelo digital que integre los componentes técnicos, administrativos y financieros de la organización.

La aplicación de metodologías de innovación como Design Thinking y Lean Startup facilitó el diseño y validación del prototipo mínimo viable (MVP), que integra herramientas de SharePoint, Excel y Chart JS para optimizar el flujo de datos, automatizar reportes y generar tableros de control en tiempo real. Su validación evidenció mejoras iniciales en la eficiencia de los procesos, reducción de tiempos de registro y fortalecimiento de la toma de decisiones basada en evidencia.

En términos estratégicos, el MVP se configura como una solución inicial escalable, que puede evolucionar hacia sistemas de analítica avanzada y gestión automatizada de activos. Su implementación no solo representa un avance tecnológico, sino también un cambio cultural dentro de la organización, al fomentar una mentalidad digital y de mejora continua entre los equipos operativos y administrativos.

Se recomienda consolidar un plan de adopción tecnológica y capacitación interna que garantice la apropiación progresiva del MVP y de sus futuras iteraciones.

En una visión futura, el software se implementará progresivamente en todas las obras de BC Construcciones S.A.S., integrando los procesos operativos, administrativos y financieros de la empresa. Durante esta fase se realizarán las iteraciones y ajustes necesarios hasta contar con una versión estable y plenamente adaptada a las necesidades del cliente, corrigiendo los errores que puedan presentarse en las etapas iniciales y consolidando una herramienta digital robusta para la gestión integral de la maquinaria pesada.

## 11. Referencias

- Ahn, S.-H., Kim, S.-K., & Lee, K.-H. (2016). Development of a Fleet Management System for Cooperation Among Construction Equipment. *Journal of The Korean Society of Civil Engineers*, 36(3), 573–586. <https://doi.org/10.12652/KSCE.2016.36.3.0573>

Doerr, J. (2018). Measure what Matters. *Measure What Matters*, 3–18.

Gabriel Galindo Martinez. (2025). *Programación de software de Maquinaria BC Construcciones*.

GPM Global. (2020). *Sustainable Project Management; The GPM Practice Guide*.

<https://gpm.org/standards-and-publications/sustainable-project-management---the-gpm-practice-guide>

Hiatt, J. M. (2006). *ADKAR: A model for change in business, government, and our community*.

International Organization for Standardization. (2021). *ISO 21500:2021(en), Project, programme and portfolio management — Context and concepts*.

<https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso:21500:ed-2:v1:en>

*IoT en la gestión de activos: Mejorar el seguimiento y el control* / Digi International. (s/f).

Recuperado el 30 de octubre de 2025, de <https://es.digi.com/blog/post/iot-in-asset-management>

Ivanov, M., Martseniuk, L., Angelova, M., & Faifer, S. (2025). Strategic Risk Management of Digital Transformation in the Economic Security of Industrial Enterprises. *Economics Ecology Socium*, 9(2), 124–141. <https://doi.org/10.61954/2616-7107/2025.9.2-9>

John Creswell, & David Creswell. (2018). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*.

Knapp, J., Zeratsky, J., & Kowitz, B. (2016). *Sprint: How to Solve Big Problems and Test New Ideas in Just Five Days*.

Kotter, J. P. (2006). *Leading Change Why Transformation Efforts Fail*. [www.hbrreprints.org](http://www.hbrreprints.org)

ODS Colombia. (2018). *Objetivos de desarrollo Sostenible Colombia 2030*.

Project Management Institute (PMI). (2021). *The standard for project management and a guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide)*. Project Management Institute, Inc.

Reyes Giraldo. (s/f). *Simulador Financiero de la Universidad EAN*.

Ries, E. (2011). *The Lean Startup: How Today's Entrepreneurs Use Continuous Innovation to Create Radically Successful Businesses*. Crown Business.

Schein, E. H. ., & Schein, P. A. . (2017). *Organizational culture and leadership (5th ed.)*. 384.  
<https://www.wiley.com/en-us/Organizational+Culture+and+Leadership%2C+5th+Edition-p-9781119212041>

Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), & Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL). (2015). *Proyecto de investigación del sector de la construcción de edificaciones en Colombia*.  
[https://camacol.co/sites/default/files/descargables/Proyecto%20Investigativo%20del%20Sector%20de%20la%20Construccion\\_0-2.pdf](https://camacol.co/sites/default/files/descargables/Proyecto%20Investigativo%20del%20Sector%20de%20la%20Construccion_0-2.pdf)

Setiawan, & Syah. (2022). Development Of Website-Based Management Information Systems for Building Construction. *International Journal of Computer and Information System (IJCIS)*, 2(2), 114–121. <https://doi.org/10.53754/iscs.v2i2.452>

## **12. Apéndices**

Los apéndices complementan el desarrollo del proyecto “De los datos a las decisiones: Desarrollo de una solución digital para el control y análisis operativo de maquinaria pesada en BC Construcciones S.A.S.”.

Para su correcta visualización, se dispone de un enlace digital donde pueden consultarse los archivos en formato PDF y Excel, con las ilustraciones y gráficos en su resolución y dimensiones originales. Se recomienda abrir el enlace para apreciar con mayor detalle los elementos técnicos y visuales que respaldan el Business case.

### ***12.1. Apéndice A. Semáforo de impacto***

Evaluación integral de los impactos económicos, ambientales, sociales y tecnológicos derivados de la implementación del sistema digital de gestión de maquinaria pesada.

Link: [APENDICE A](#)

### ***12.2. Apéndice B. Ficha de reto***

Documento base que describe el desafío de innovación, sus causas, efectos y alineación con los objetivos estratégicos de la empresa.

Link: [APENDICE B](#)

### ***12.3. Apéndice C. Entrevistas y encuestas de innovación.***

Instrumentos aplicados al personal técnico, administrativo y operativo para identificar percepciones sobre digitalización y gestión de maquinaria.

Link: [APENDICE C](#)

### 12.4. Apéndice D. Gráfico Análisis PESTEL

Evaluación de factores políticos, económicos, sociales, tecnológicos, ecológicos y legales que inciden en el sector de la construcción, particularmente en los procesos de digitalización de BC Construcciones S.A.S.

Link: [APENDICE D](#)

#### Figura D1

##### Análisis Pestel



Fuente: Plantilla Canva con modificaciones del autor (2025).

### 12.5. Apéndice E. Mapa de actores del ecosistema de innovación

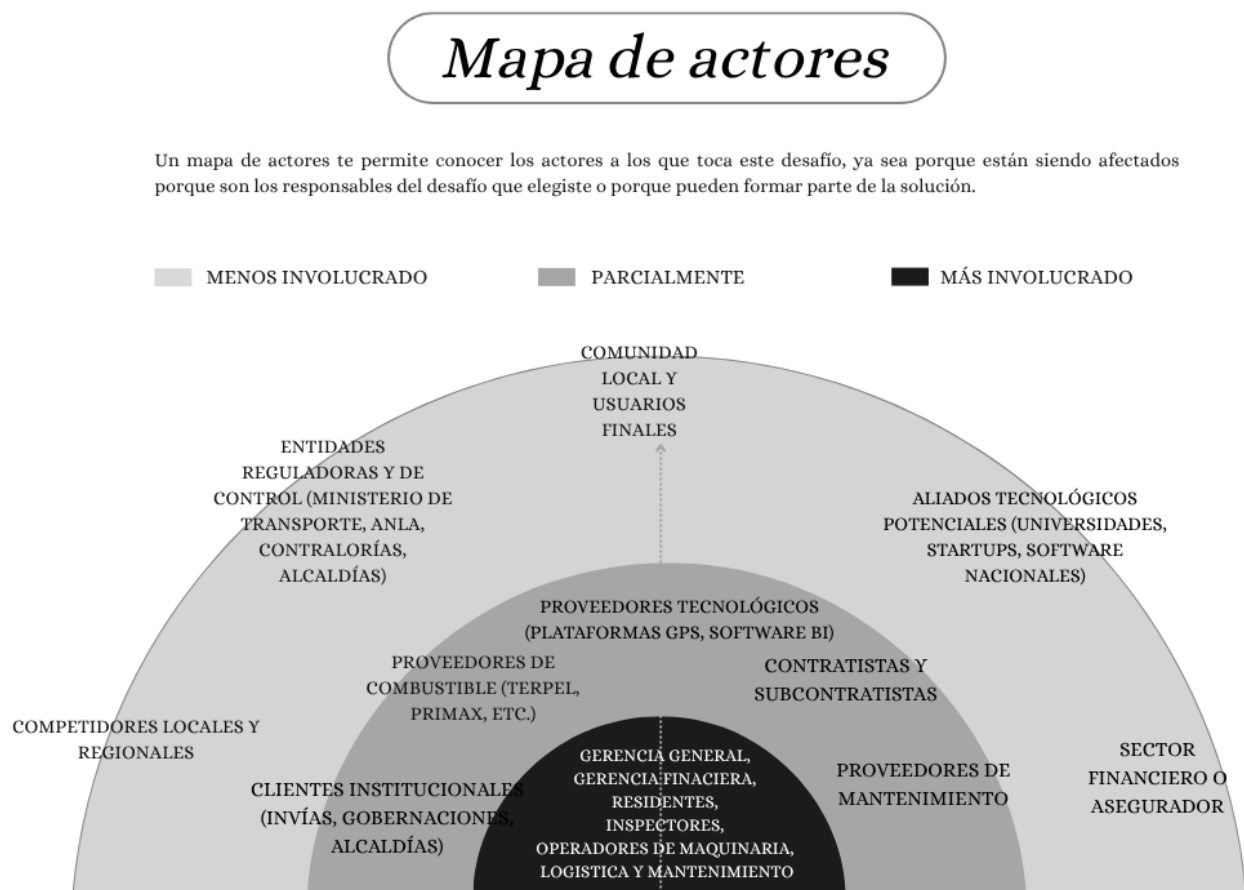
Identificación y clasificación de los actores internos y externos relevantes para el proceso de innovación digital en la gestión de maquinaria pesada.

Link: [APENDICE E](#)

#### Figura E1

Mapa de actores

#### APENDICE E. MAPA DE ACTORES DEL ECOSISTEMA DE INNOVACIÓN DE BC CONSTRUCCIONES S.A.S



Fuente: Plantilla Canva con modificaciones del autor (2025).

**12.6. Apéndice F. Benchmark sectorial de soluciones para la gestión de maquinaria pesada**

Comparativo de herramientas y prácticas adoptadas por empresas del sector para la administración y trazabilidad de maquinaria, combustible y rendimiento operativo.

Link: [APENDICE F](#)

**Figura F1**

*Benchmark sectorial de soluciones para la gestión de maquinaria pesada*

APENDICE F. BENCHMARK SECTORIAL DE SOLUCIONES PARA LA GESTIÓN DE MAQUINARIA PESADA				
Empresa / Herramienta	País / Alcance	Tipo de solución / Enfoque tecnológico	Características principales	Aprendizajes o buenas prácticas relevantes para BC Construcciones S.A.S.
Caterpillar – VisionLink®	EE. UU. / Global	Plataforma telemática e IoT para monitoreo de maquinaria pesada.	- GPS y sensores de rendimiento.- Reportes de horas, consumo y alertas de mantenimiento.- Integración con ERP y nube.	La integración automática de datos de operación y mantenimiento permite decisiones predictivas. BC puede adaptar esta lógica usando Power BI y formularios conectados.
Komatsu – KOMTRAX™	Japón / Global	Sistema de monitoreo remoto de flota.	- Rastreo en tiempo real.- Indicadores de carga, combustible y tiempos en ralentí.- Reportes energéticos y emisiones.	Demuestra el valor de medir horas efectivas y ralentí como KPI clave. BC puede replicar esta métrica usando su GPS actual.
Volvo CE – CareTrack	Europa / Global	Telemática con enfoque en productividad y sostenibilidad.	- Paneles de rendimiento y consumo.- Alertas de servicio preventivo.- Análisis de eficiencia por operador.	Enfatiza el vínculo entre control operativo y sostenibilidad (reducción de CO <sub>2</sub> ). BC puede incluir indicadores ambientales en su dashboard.
Constructora Concreto S.A.	Colombia	Software interno de gestión de maquinaria.	- Control de uso, costos y mantenimiento.- Integración contable con SAP.- Análisis de productividad por frente de obra.	Confirma que el sector nacional está migrando hacia soluciones integradas. BC puede desarrollar un sistema más flexible y de menor costo.
Sacyr Ingeniería y Construcción	España / Colombia	Solución corporativa de control de activos y rendimiento.	- Seguimiento de flotas por GPS y BI.- Reportes automáticos a gerencia de proyecto.- Evaluación económica por contrato.	Demuestra la importancia de la trazabilidad corporativa y la automatización de reportes para licitaciones.
BC Construcciones S.A.S. (caso base)	Colombia / Regional	Sistema en desarrollo (propuesta de innovación).	- Integración de GPS, combustible y reportes de obra en un dashboard único.- Automatización de KPIs de rentabilidad y productividad.- Acceso a datos en tiempo real para gerencia y área técnica.	La propuesta de BC representa una <b>innovación incremental local</b> , adaptada a su escala y contexto, que combina bajo costo con alto impacto operativo.

Fuente: Elaboración propia (2025).

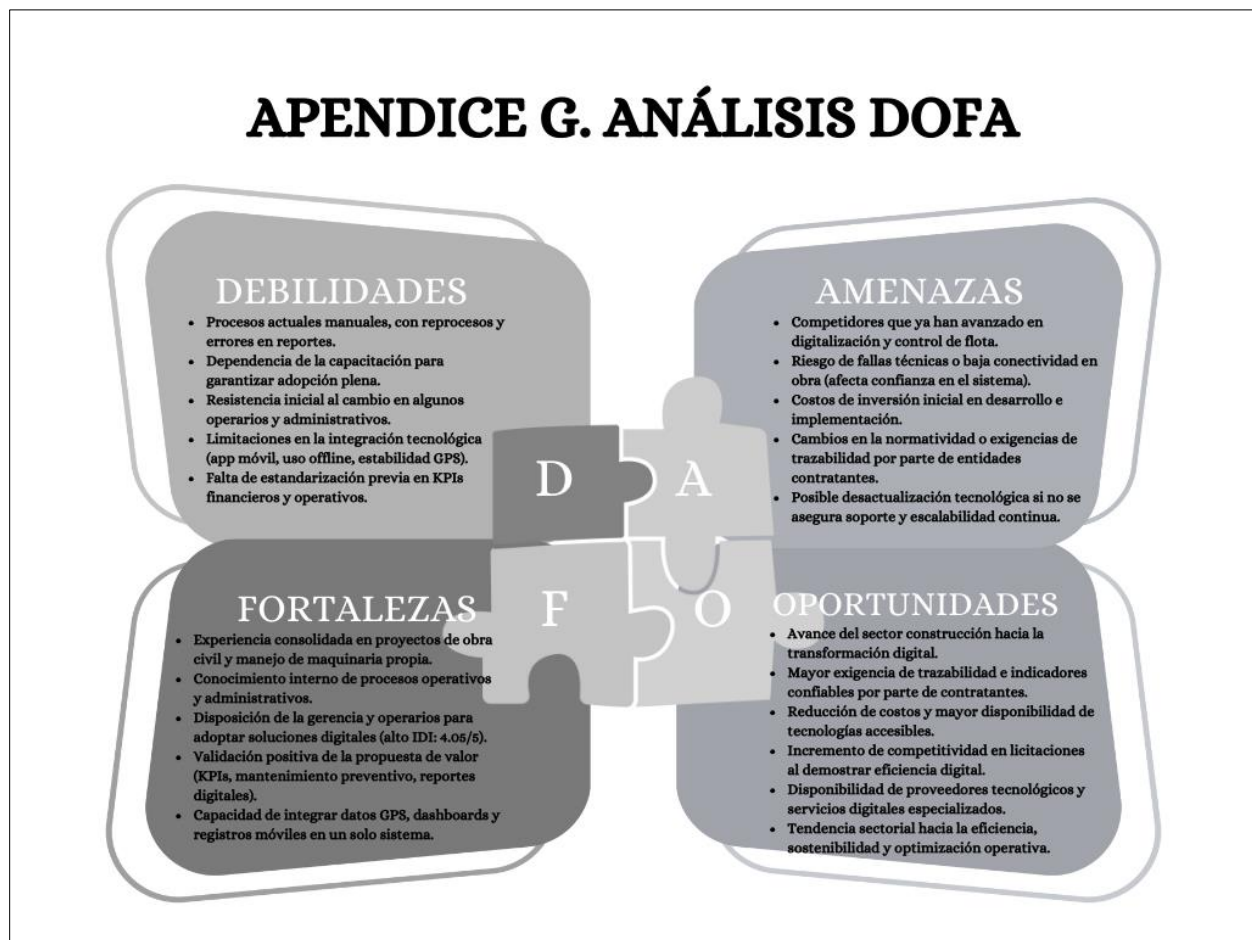
### 12.7. Apéndice G. Análisis DOFA del área operativa

Matriz de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas que permite comprender las capacidades internas y los retos del entorno.

Link: [APENDICE G](#)

Figura G1

Análisis DOFA



Fuente: Plantilla Canva con modificaciones del autor (2025).

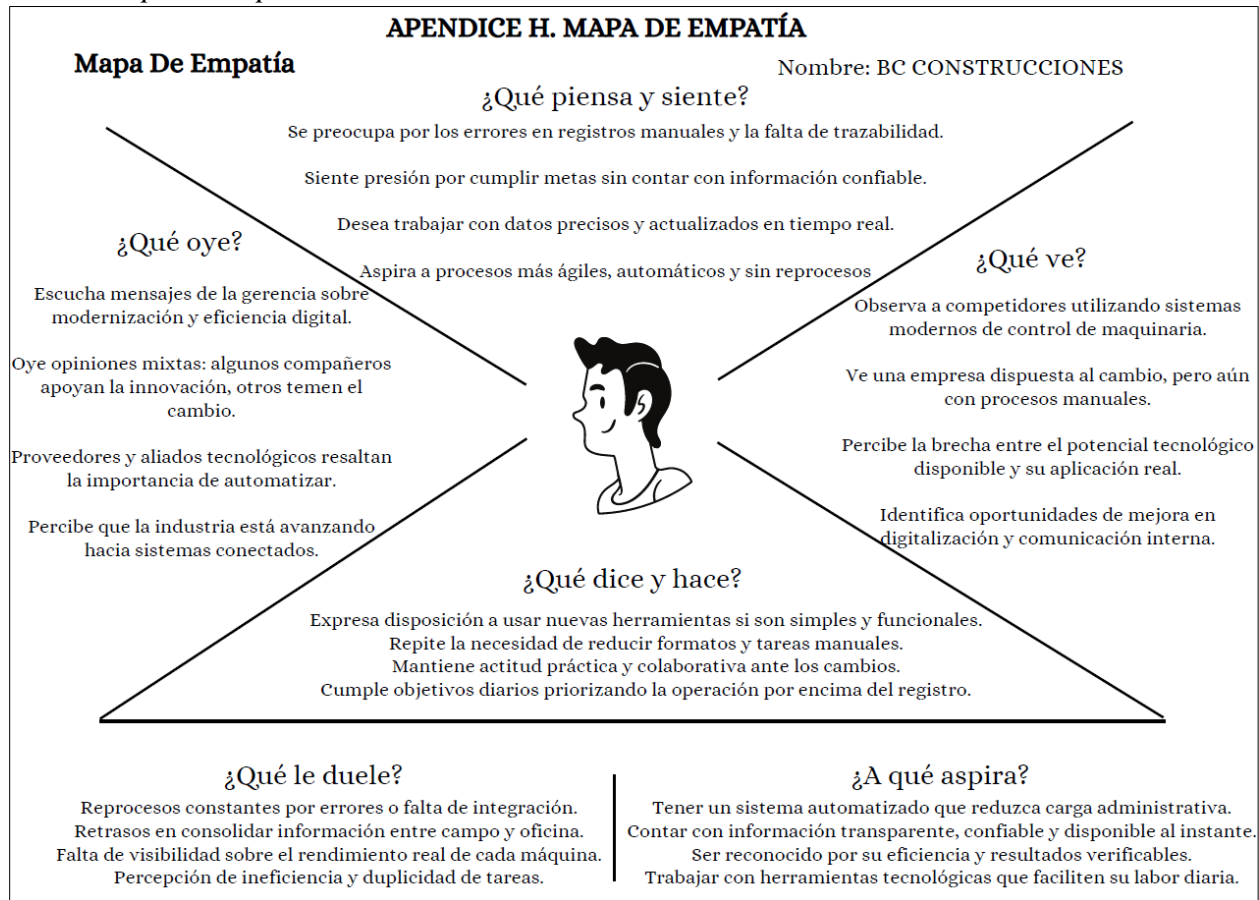
### 12.8. Apéndice H. Mapa de empatía del usuario

Visualización de percepciones, emociones, necesidades y frustraciones de los usuarios clave en el proceso operativo de maquinaria pesada.

Link: [APENDICE H](#)

### Figura H1

Mapa de empatía



Fuente: Plantilla Canva con modificaciones del autor (2025).

### 12.9. Apéndice I. “¿Cómo podríamos?” (HMW)

Reformulación del problema de innovación en formato “How Might We” para definir oportunidades centradas en el usuario.

Link: [APENDICE I](#)

**Figura I1**

*Como podríamos HMW 1*

**APENDICE I. COMO PODRIAMOS - HMW**



¿Cómo podríamos...?

**Objetivo:** Definir preguntas clave para facilitar una lluvia de ideas.

02:00 +  



+  
Información

<b>Proyecto:</b> Proyecto BC Construcciones SAS	<b>Versión:</b> BC-01
<b>Equipo:</b> Miller Hernández, Mauricio Barón, Andrés Vargas	<b>Fecha:</b> 26/09/2025
<b>Observaciones:</b> El ejercicio se realizó a partir de entrevistas, encuestas y la matriz DOFA de BC Construcciones, identificando seis insights principales y formulando múltiples preguntas HMW. Tras aplicar criterios de selección (amplitud, inspiración, enfoque en el usuario y alineación estratégico), se definió la pregunta detonadora final, que sintetiza los hallazgos y orienta el desarrollo de la solución innovadora.	

<b>Reprocesos manuales en obra</b>	¿Cómo podríamos reducir los reprocesos manuales con apoyo de herramientas digitales simples?	¿Cómo podríamos estandarizar los reportes diarios para disminuir errores?	¿Cómo podríamos automatizar el control de horas de uso de maquinaria?	¿Cómo podríamos eliminar duplicidad de registros entre oficina y obra?
Texto				
<b>Falta de integración GPS y reportes</b>	¿Cómo podríamos integrar datos de GPS con los reportes de obra en tiempo real?	¿Cómo podríamos generar alertas automáticas cuando el GPS detecta anomalías?	¿Cómo podríamos vincular el GPS al sistema de costos de cada equipo?	¿Cómo podríamos consolidar la información GPS y reportes en un dashboard único?
<b>Ausencia de trazabilidad en costos</b>	¿Cómo podríamos registrar automáticamente el costo por hora de cada máquina?	¿Cómo podríamos relacionar los costos de mantenimiento con los reportes de uso?	¿Cómo podríamos asegurar transparencia en los costos de operación de maquinaria?	¿Cómo podríamos comparar en tiempo real costos de maquinaria propia vs alquilada?



www.dinngo.es





www.designthinking.es



 Comparte tus fotos usando nuestros materiales con el hashtag #materialesdinngo en redes sociales y etiquétanos.


**Diseñado por Dinngo, tu departamento externo de innovación.**

 Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivada 4.0 Internacional.

Fuente: Plantilla dinngo adaptada por el autor



## Figura I2


### Como podríamos HMW 2



**¿Cómo podríamos...?**

**Objetivo:** Definir preguntas clave para facilitar una lluvia de ideas.

02:00 +  




+ Información


<b>Proyecto:</b> Proyecto BC Construcciones SAS	<b>Versión:</b> BC-01
<b>Equipo:</b> Miller Hernández, Mauricio Barrón, Andrés Vargas	<b>Fecha:</b> 26/09/2023
<b>Observaciones:</b> El ejercicio se realizó a partir de entrevistas, encuestas y la matriz DOFA de BC Construcciones, identificando seis insights principales y formulando múltiples preguntas HMW. Tras aplicar criterios de selección (relevancia, inspiración, enfoque en el usuario y alineación estratégica), se definió la pregunta desafiadora final, que sintetiza los hallazgos y orienta el desarrollo de la solución innovadora.	

<b>Dificultad para decidir entre flota propia o alquilada</b>	¿Cómo podríamos diseñar indicadores que apoyen la decisión de alquilar o usar flota propia?	¿Cómo podríamos simular escenarios financieros entre compra y alquiler?	¿Cómo podríamos anticipar la demanda de maquinaria para tomar decisiones con datos?	¿Cómo podríamos mostrar la rentabilidad comparada de maquinaria propia y alquilada?
<b>Falta de información confiable para gerencia</b>	¿Cómo podríamos presentar la información clave de maquinaria en tableros fáciles de interpretar?	¿Cómo podríamos asegurar que los datos reportados por operarios sean confiables?	¿Cómo podríamos automatizar informes semanales para la gerencia?	¿Cómo podríamos dar acceso a la gerencia a información en tiempo real desde cualquier dispositivo?
<b>Resistencia cultural y baja adopción tecnológica</b>	¿Cómo podríamos simplificar la captura de datos para que los operarios no lo vean complejo?	¿Cómo podríamos capacitar de forma práctica y rápida al personal en nuevas herramientas?	¿Cómo podríamos incentivar el uso del sistema entre trabajadores y administrativos?	¿Cómo podríamos diseñar la solución para que sea intuitiva y fácil de usar desde el celular?


www.dinngo.es




Design Thinking




www.designthinking.es



Comparte tus fotos usando nuestros materiales con el hashtag #materialesdinngo en redes sociales y etiquétanos.



Diseñado por Dinngo, tu departamento externo de innovación.



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas 4.0 Internacional.

Fuente: Plantilla dinngo adaptada por el autor

### 12.10. Apéndice J. Aplicación de la técnica de los 5 Whys – BC Construcciones S.A.S.

Análisis de causa raíz que permitió identificar las principales razones detrás de la baja trazabilidad en la gestión de maquinaria.

Link: [APENDICE J](#)

### 12.11. Apéndice K. Pregunta detonadora

Pregunta guía formulada para orientar el proceso de ideación y validación de la solución tecnológica.

Link: [APENDICE K](#)

#### Figura K1

*Pregunta detonadora*



Fuente: Plantilla Canva con modificaciones del autor (2025).

**12.12. Apéndice L. Job to Be Done – BC Construcciones S.A.S.**

Definición del trabajo que el usuario intenta realizar y de los resultados esperados mediante la adopción del sistema digital.

Link: [APENDICE L](#)

**12.13. Apéndice M. Curva de valor – Mapa de valor (Teoría del Océano Azul) – BC Construcciones S.A.S.**

Comparativo estratégico que permite identificar factores diferenciadores de la propuesta tecnológica frente a las soluciones tradicionales del mercado.

Link: [APENDICE M](#)

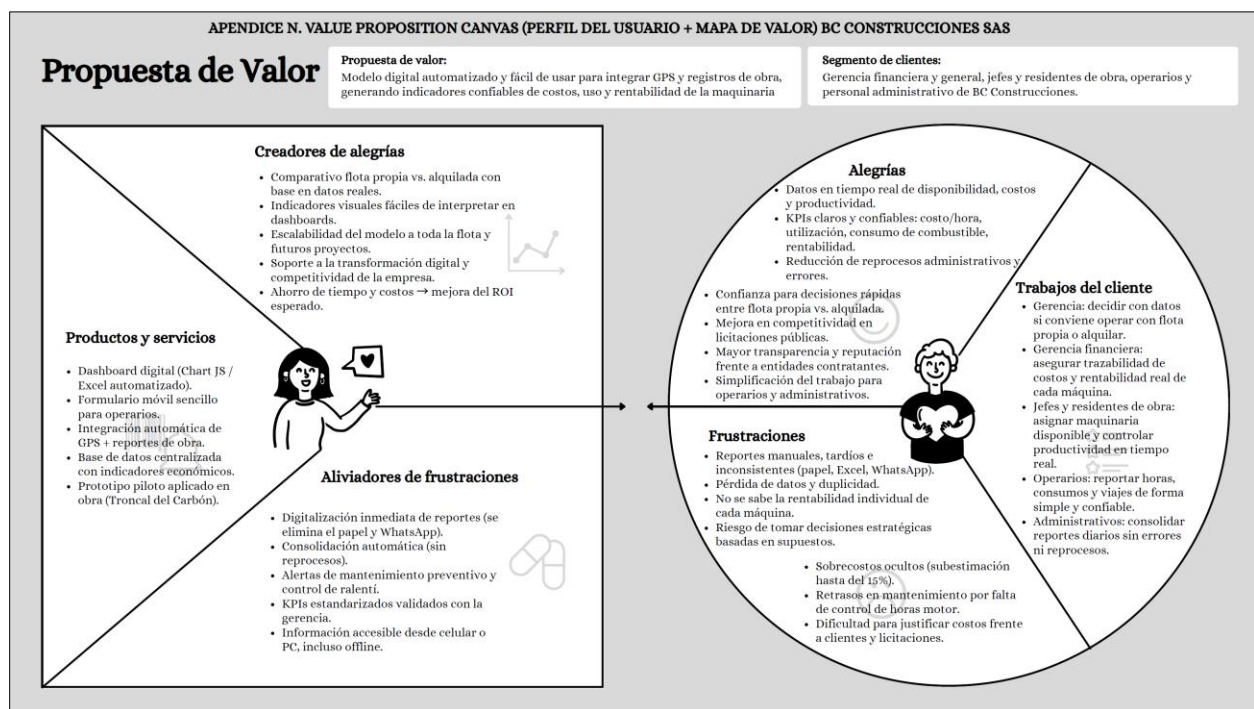
### 12.14. Apéndice N. Value Proposition Canvas (perfil del usuario + mapa de valor) – BC Construcciones S.A.S.

Correspondencia entre los trabajos, frustraciones y expectativas del usuario y la propuesta de valor de la solución tecnológica.

Link: [APENDICE N](#)

Figura N1

Value Proposition Canvas



Fuente: Plantilla universidad EAN adaptado por el autor (2025).

### 12.15. Apéndice Ñ. Informe de encuesta de validación de la propuesta de valor – BC Construcciones S.A.S.

Consolidación de los resultados de la encuesta aplicada para validar la propuesta de valor frente a usuarios potenciales.

Link: [APENDICE Ñ](#)

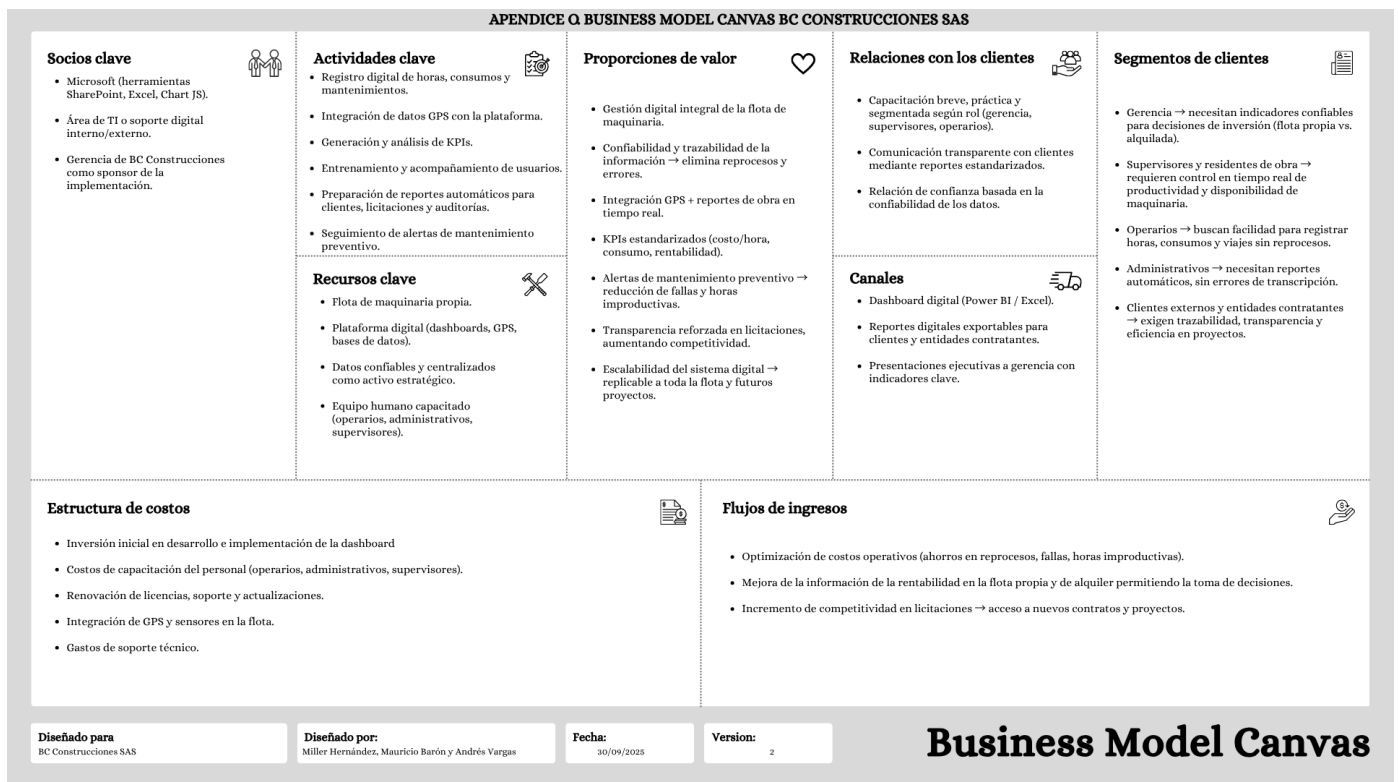
**12.16. Apéndice O. Business Model Canvas – BC Construcciones S.A.S.**

Estructura de los nueve bloques estratégicos del modelo de negocio para la implementación del sistema digital.

Link: [APENDICE O](#)

**Figura O1**

*Business Model Canvas*



Fuente: Plantilla universidad EAN adaptado por el autor (2025).

### 12.17. *Apéndice P. Storyboard completo de interacción del sistema*

Secuencia visual que ilustra el flujo de uso del sistema desde la perspectiva del usuario final.

Link: [APENDICE P](#)

#### Figura P1

*Storyboard completo de interacción del sistema*



Fuente: Elaboración propia.

### 12.18. *Apéndice Q. Mockups del sistema y estructura visual del dashboard*

Diseños de la interfaz y visualización de los principales indicadores operativos en el tablero de control.

Link: [APENDICE Q](#)

**12.19. Apéndice R. Journey Map ampliado con descripción gráfica de la solución**

Mapa visual que representa la experiencia del usuario antes, durante y después de interactuar con el sistema.

Link: [APENDICE R](#)

**Figura R1**

*Journey Map*



Fuente: Elaboración propia (2025).

**12.20. Apéndice S. Matriz de influencia e interés**

Identificación y categorización de las partes interesadas según su nivel de poder e interés en la implementación del sistema digital.

Link: [APENDICE S](#)

**Figura S1**

*Matriz de influencia e interés*

APENDICE S. MATRIZ INFLUENCIA INTERÉS BC CONSTRUCCIONES					
Clasificación de actores por nivel de influencia (poder) y nivel de interés, con lineamientos de gestión por cuadrante.					
Nivel de Influencia \ Nivel de Interés	Bajo interés		Alto interés		
Alta influencia	<b>Gerencia General</b> <b>Estrategia:</b> Mantener satisfechos. <b>Acciones:</b> reportes ejecutivos mensuales; decisiones de alcance y presupuesto.		<b>Jefatura de Maquinaria</b> <b>Estrategia:</b> Gestionar de cerca. <b>Acciones:</b> comités semanales; co-diseño; piloto; KPIs técnicos (MTBF/MTTR).		
Media influencia	<b>Área Administrativa</b> <b>Estrategia:</b> Mantener informados. <b>Acciones:</b> plantillas; capacitación; tableros de conciliación.		<b>Supervisión/Residentes; Operarios</b> <b>Estrategia:</b> Gestionar de cerca. <b>Acciones:</b> Soporte en campo; UI móvil; incentivos por uso.		
Baja influencia	<b>Proveedores de mantenimiento</b> <b>Estrategia:</b> Monitorizar. <b>Acciones:</b> Protocolos de servicio; agenda preventiva.		<b>Cientes / Contratistas</b> <b>Estrategia:</b> Mantener informados. <b>Acciones:</b> informes de avance e indicadores de confiabilidad.		

Plan de acción por cuadrante de gestión					
Cuadrante	Mensajes clave	Canales	Frecuencia	Propietario	KPIs de relacionamiento
<b>Gestionar de cerca (Alta infl. / Alto int.)</b>	Beneficios, decisiones, riesgos y cambios priorizados	Comités, reuniones técnicas, dashboards	Semanal	Gerente de Proyecto / Jefatura de Maquinaria	% participación; cierre de acciones; cumplimiento KPIs
<b>Mantener satisfechos (Alta infl. / Bajo int.)</b>	Resultados ejecutivos y ROI	Brief mensual, reporte 1 página	Mensual	Dirección de Proyecto	Cumplimiento de hitos; variación ROI
<b>Mantener informados (Media-baja infl. / Alto int.)</b>	Instrucciones operativas, soporte y mejoras	Talleres; WhatsApp/Helpdesk; manuales	Semanal	TI + Jefes de Campo	Satisfacción (≥4/5); tickets resueltos; uso activo
<b>Monitorizar (Baja infl. / Bajo int.)</b>	Lineamientos y requisitos mínimos	Correo; agenda preventiva	Mensual / según servicio	Jefatura de Maquinaria	OTIF proveedores; tiempos de atención

Fuente: Elaboración propia

**12.21. Apéndice T. Matriz de resultados de entrevistas**

Síntesis de los hallazgos obtenidos en entrevistas aplicadas a los diferentes actores del proyecto.

Link: [APENDICE T](#)

**Figura T1**

*Matriz de resultados de entrevistas*

APENDICE T. MATRIZ DE RESULTADOS DE ENTREVISTAS BC CONSTRUCCIONES S.A.S.		
MATRIZ DE RESULTADOS DE ENTREVISTAS		
Categoría	Hallazgos Principales	Interpretación para el Canvas
<b>Pains (Problemas / Frustraciones)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reportes manuales tardíos o incompletos.</li> <li>Falta de trazabilidad entre obra, taller y oficina.</li> <li>Horas improductivas (ralentí) no detectadas.</li> <li>Retrasos en mantenimientos preventivos.</li> <li>Reprocesos administrativos y errores contables.</li> </ul>	Refleja las actividades actuales que no agregan valor y justifican la necesidad de un sistema digital. Se asocian a los bloques de 'Tareas del cliente' y 'Dolores' del Canvas.
<b>Gains (Beneficios esperados)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Visibilidad en tiempo real del uso y costos de maquinaria.</li> <li>Alertas automáticas de mantenimiento y disponibilidad.</li> <li>Indicadores de costo/hora-equipos y comparativo compra vs alquiler.</li> <li>Reducción de errores y tiempos administrativos.</li> <li>Mejora en competitividad para licitaciones.</li> </ul>	Representa los resultados deseados o beneficios esperados por cada perfil. Corresponde al bloque de 'Ganancias' en el Canvas.
<b>KPIs Prioritarios</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Utilización y disponibilidad de la maquinaria.</li> <li>Ralentí y horas motor.</li> <li>Costo/hora-equipos y consumo de combustible.</li> <li>MTBF / MTTR (confiabilidad y mantenibilidad).</li> <li>Tiempo de cierre diario y % de registros conciliados.</li> </ul>	Insumos directos para el bloque de 'Métricas clave' del Canvas. Permiten definir el éxito del sistema y orientar la propuesta de valor.
<b>Necesidades Detectadas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Interfaz intuitiva y adaptable a móviles.</li> <li>Capacitación práctica y corta.</li> <li>Integración con GPS e inventarios.</li> <li>Modo offline para zonas sin señal.</li> <li>Dashboards simples para campo y gerencia.</li> </ul>	Se asocian a los requerimientos funcionales y de experiencia de usuario, que nutren el bloque de 'Propuesta de valor'.
<b>Disposición a la Innovación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nivel general: alto a muy alto (≥4 en escala 1–5).</li> <li>Los directivos y técnicos muestran liderazgo en adopción.</li> <li>Los operarios requieren apoyo y acompañamiento inicial.</li> </ul>	Refuerza la viabilidad del proyecto y la estrategia de adopción y cambio organizacional. Se puede incluir en el bloque de 'Relaciones con clientes' o 'Recursos clave' del Canvas.

Fuente: Elaboración propia (2025)

**12.22. Apéndice U. Simulador financiero**

Herramienta de simulación financiera desarrollada por el Magíster Mauricio Reyes Giraldo, docente asociado de la Universidad EAN, utilizada para estimar proyecciones económicas, flujos de caja y rentabilidad (VPN, TIR, punto de equilibrio).

Link: [APENDICE U](#)

Fuente: Reyes Giraldo, M. (2025). Universidad EAN.

**12.23. Apéndice V. Matriz detallada de riesgos, mapa visual de riesgos y plan de monitoreo y contingencia**

Instrumentos de gestión que incluyen la identificación, evaluación y priorización de riesgos técnicos, financieros y operativos, junto con estrategias de mitigación.

Link: [APENDICE V](#)

Fuente: Elaboración propia (2025).

**12.24. Apéndice W. Procedimiento de actualización de riesgos y lecciones aprendidas**

Metodología para la revisión periódica de riesgos y la integración de lecciones aprendidas en el ciclo de mejora continua.

Link: [APENDICE W](#)

Fuente: Elaboración propia (2025).

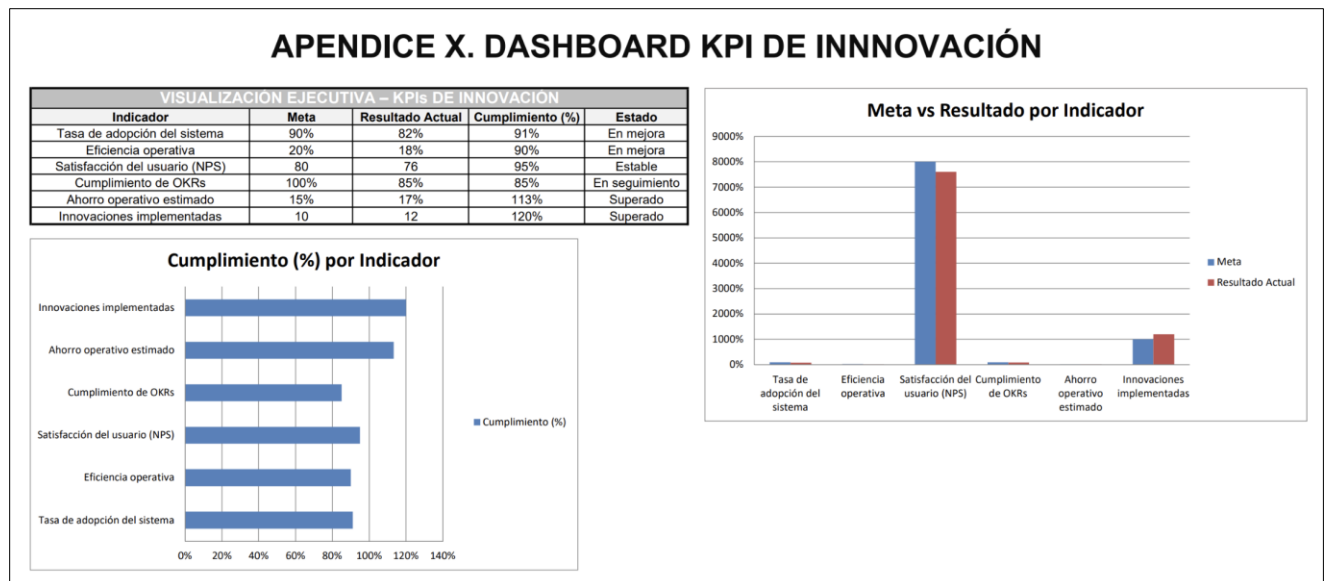
**12.25. Apéndice X. Dashboard de KPIs de innovación**

Tablero de indicadores clave que permite visualizar el desempeño del proyecto en términos de adopción, eficiencia y valor generado.

Link: [APENDICE X](#)

**Figura X1**

*Dashboard KPI de innovación*



Fuente: Elaboración propia (2025).

**12.26. Apéndice Y. Cronograma de comunicación y capacitación**

Plan detallado de actividades de comunicación interna, difusión y capacitación del personal para la implementación del sistema digital.

Link: [APENDICE Y](#)

**Figura Y1**

*Cronograma de comunicación Capacitación*

<b>APENDICE Y. CRONOGRAMA DE COMUNICACIÓN Y CAPACITACIÓN BC CONSTRUCCIONES S.A.S.</b>					
Cronograma de Comunicación y Capacitación					
Fecha	Actividad	Audiencia	Mensaje clave	Canal / Herramienta	Responsable
<b>Semana 1</b>	Comunicado de lanzamiento del proyecto	Todo el personal	Presentar el propósito, beneficios y alcance del sistema.	Correo institucional / Reunión general	Gerencia General
<b>Semana 2</b>	Sesión informativa de sensibilización	Jefes de obra, administrativos	Generar conciencia sobre el impacto positivo y las metas del cambio.	Reunión presencial / Teams	Dirección de Proyecto
<b>Semana 3</b>	Capacitación técnica inicial	Operarios y jefes de maquinaria	Enseñar uso básico del sistema en campo (registro de horas y reportes).	Capacitación práctica / Manual impreso	Jefatura de Maquinaria
<b>Semana 4</b>	Boletín interno de avances	Todo el personal	Informar progreso, resolver dudas y destacar buenas prácticas.	Intranet / Correo	Comunicaciones Internas
<b>Semana 5</b>	Capacitación avanzada de reportes	Área administrativa y contable	Utilización de dashboards y conciliación de información.	Sesión virtual / Guía digital	Equipo de TI
<b>Semana 6</b>	Encuesta de percepción del cambio	Todo el personal	Recopilar retroalimentación sobre la experiencia de uso y comunicación.	Formulario digital / Intranet	Talento Humano
<b>Semana 8</b>	Cierre y reconocimiento del proceso	Todo el personal	Compartir resultados, aprendizajes y reconocer la participación activa.	Evento interno / Comunicación institucional	Gerencia General

Fuente: Elaboración propia (2025).

**12.27. Apéndice Z. Modelo ADKAR**

Modelo de gestión del cambio utilizado para asegurar la adopción organizacional del sistema digital en BC Construcciones S.A.S.

Link: [APENDICE Z](#)

**Figura Z1**

*Modelo ADKAR*

APENDICE Z. MODELO ADKAR BC CONSTRUCCIONES S.A.S.				
MODELO ADKAR				
Fase ADKAR	Objetivo	Acciones implementadas	Evidencias / Indicadores	Responsable
Conciencia (Awareness)	Generar comprensión del motivo del cambio.	Reuniones informativas con gerencia y operarios; comunicados internos sobre beneficios.	Participación del 95% en reuniones; mensajes internos enviados y leídos por >80% del personal.	Gerencia / Comunicaciones
Deseo (Desire)	Fomentar la disposición a participar y apoyar el cambio.	Historias de éxito; testimonios de jefes; incentivos al uso inicial del sistema.	Aumento del 30% en participación en pilotos; comentarios positivos en encuestas.	Talento Humano / Dirección de Proyecto
Conocimiento (Knowledge)	Desarrollar las habilidades necesarias para usar el nuevo sistema.	Capacitaciones teórico-prácticas; manuales digitales; tutoriales en video.	80% del personal completó la formación; evaluación promedio 4.6/5.	Jefatura de Maquinaria / TI
Habilidad (Ability)	Asegurar la aplicación práctica del conocimiento adquirido.	Soporte en campo; sesiones de acompañamiento; validación de reportes en vivo.	Tiempo promedio de registro reducido en 25%; errores por formulario <3%.	Equipo de Implementación / Supervisores
Refuerzo (Reinforcement)	Garantizar la sostenibilidad del cambio a largo plazo.	Reconocimientos a usuarios destacados; boletines de buenas prácticas; auditorías mensuales.	Tasa de adopción mantenida >85%; retroalimentación positiva en dos meses consecutivos.	Gerencia General / Talento Humano

Fuente: Elaboración propia (2025).

**12.28. Apéndice AA. Validación y prueba piloto de instrumentos de recolección de información**

Este apéndice contiene los soportes del proceso de validación y prueba piloto de los instrumentos utilizados, incluyendo la revisión realizada por el Supervisor de Maquinaria de BC Construcciones S.A.S., los ajustes efectuados y las versiones finales aplicadas durante la recolección de información.

Link: [APENDICE AA](#)