

Diseño de una Metodología para la gestión de Maquinaria y Equipo en Proyectos de la Constructora Proycon S.A.

ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

CONSTANCIA de PRESENTACIÓN PÚBLICA del TRABAJO FINAL de GRADUACIÓN

Diseño de una metodología para la gestión de maquinaria y equipo en proyectos de la Constructora Proycon S.A.


Llevado a cabo por la estudiante:

Camacho Leitón Tábata

Carné: 2020173547

Trabajo Final de Graduación presentado públicamente ante el Tribunal Evaluador el martes 02 de setiembre de 2025 como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

En fe de lo anterior firman los siguientes integrantes del Tribunal evaluador:

 Firmado digitalmente por
JOSE ANDRES ARAYA
OBANDO (FIRMA)
Fecha: 2025.09.09
09:54:46 -06'00'

Dr. Ing. José Andrés Araya Obando
Director de la Escuela

ARA LILLIANA
VILLALOBOS
RODRIGUEZ
(FIRMA)
Firmado digitalmente
por ARA LILLIANA
VILLALOBOS
RODRIGUEZ (FIRMA)
Fecha: 2025.09.05
14:07:59 -06'00'

Ing. Ara Villalobos Rodríguez, MGP
Profesora Guía

WILLIAM ALONSO Firmado digitalmente por
WILLIAM ALONSO
POVEDA
POVEDA MONTOYA
(FIRMA)
Fecha: 2025.09.08 10:57:21
-06'00'

Ing. Alonso Poveda Montoya, MSc.
Profesor Lector

MILTON ANTONIO
SANDOVAL QUIROS
(FIRMA)
Firmado digitalmente por
MILTON ANTONIO SANDOVAL
QUIROS (FIRMA)
Fecha: 2025.09.05 13:33:49 -06'00'

Ing. Milton Sandoval Quirós, MAE
Profesor Observador

Resumen

Este Trabajo Final de Graduación tiene como objetivo diseñar una metodología para la gestión eficiente de maquinaria y equipo en proyectos constructivos de la empresa Proycon S.A. A partir de un diagnóstico de sus condiciones actuales, se analizaron los factores que afectan el rendimiento de los equipos para identificar aspectos críticos. Mediante un enfoque mixto, se aplicaron entrevistas, listas de verificación y análisis de tiempos y movimientos. Los resultados revelan deficiencias en mantenimiento preventivo, trazabilidad técnica, disponibilidad de equipos y protocolos ante fallos. Se observaron rendimientos netos inferiores al esperado, afectando la eficiencia operativa. La propuesta metodológica incluye herramientas de control y procedimientos estandarizados, con el fin de mejorar la toma de decisiones, reducir los costos operativos y promover una gestión sostenible. Esta investigación responde a la necesidad de profesionalizar la gestión de maquinaria, contribuyendo a los Objetivos de Desarrollo Sostenible 8 y 9, y fortaleciendo la seguridad, la productividad y el cumplimiento normativo en obra.

Palabras clave: gestión de maquinaria, eficiencia operativa, metodología de gestión, productividad en obra.

Abstract

This Final Graduation Project aims to design a methodology for the efficient management of machinery and equipment in construction projects developed by Proycon S.A. The study began with a diagnosis of current conditions, followed by an analysis of operational factors affecting performance. Using a mixed-methods approach, interviews, checklists, and time-motion studies were conducted. Findings revealed deficiencies in preventive maintenance, technical traceability, equipment availability, and failure response protocols. Net productivity was below the expected levels, reducing overall efficiency. The proposed methodology includes standardized procedures and control tools to improve decision-making, reduce costs, and promote sustainable management. This research addresses the need for professionalized equipment management and contributes to Sustainable Development Goals 8 and 9, enhancing safety, productivity, and regulatory compliance on site.

Keywords: machinery management, operational efficiency, management methodology, on-site productivity.

Diseño de una Metodología para la gestión de Maquinaria y Equipo en Proyectos de la Constructora Proycon S.A.

TÁBATA CAMACHO LEITÓN

Proyecto final de graduación para optar por el grado de
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Julio de 2025

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

Contenido

Resumen ejecutivo	5
Introducción	7
Capítulo 1: Marco teórico	10
1.1.Rol estratégico y tipología funcional de la maquinaria en la construcción.	10
1.2.Gestión de maquinaria en la construcción.	14
1.3.Factores que influyen el rendimiento de la maquinaria.....	17
1.4.Estandarización en la gestión de maquinaria y equipo en proyectos constructivos.....	18
1.5.Metodología para la gestión de maquinaria y equipo.	21
Capítulo 2: Metodología	23
2.1.Tipo de investigación	23
2.2.Definición de categorías y variables	24
2.3.Sujetos de información	25
2.4.Fuentes de información	27
2.5.Técnicas e instrumentos de recolección	27
2.6.Análisis y procesamiento de la información	29
Capítulo 3: Resultados	35
3.1.Objetivo 1.....	35
3.2.Objetivo 2.....	48
3.3.Objetivo 3.....	55
Capítulo 4: Análisis de resultados	56
4.1.Objetivo 1.....	56
4.2.Objetivo 2.....	63
4.3.Objetivo 3.....	92
Conclusiones y Recomendaciones	93
Conclusiones	93
Recomendaciones	95
Referencias	96
Apéndices	102

Resumen ejecutivo

La gestión adecuada de maquinaria y equipo es un componente esencial para el desempeño eficiente de los proyectos constructivos. En Proycon S.A., se ha identificado una ausencia de procedimientos estandarizados, trazabilidad técnica y mecanismos de control sistemático que limitan el aprovechamiento de estos recursos. Esta situación, evidenciada durante el desarrollo del proyecto Concord, ha generado tiempos improductivos, sobrecostos y riesgos operativos relevantes. Abordar esta problemática no solo responde a las necesidades internas de la empresa, sino que también constituye un aporte significativo para el fortalecimiento de la práctica profesional desde la perspectiva de la Escuela de Ingeniería en Construcción, al proponer soluciones concretas para optimizar procesos técnicos en obra y elevar el nivel de gestión en el sector.

El estudio se desarrolló en torno a tres objetivos específicos: diagnosticar las condiciones actuales de la maquinaria y equipo, analizar los factores que afectan su rendimiento, y proponer una metodología de gestión adaptada a las condiciones de Proycon S.A. La investigación se enmarcó en un enfoque aplicado y mixto, utilizando entrevistas a personal clave, listas de verificación, revisión documental, análisis de tiempos y movimientos por medio de la técnica Five Minutes Rating.

En los resultados del primer objetivo se identificaron observaciones relevantes en relación con la aplicación de normativas técnicas y de seguridad, especialmente en lo referente a la documentación, la trazabilidad del mantenimiento, el control de asignación, la actualización de registros y el orden en las zonas de almacenamiento. Estas condiciones representan un área crítica de atención para fortalecer la gestión institucional.

En relación con el segundo objetivo, se detectó que, en algunos equipos, el tiempo improductivo supera el 40% de la jornada operativa. Las entrevistas revelaron mantenimiento mayormente reactivo, desconocimiento de protocolos ante fallos, y limitaciones de disponibilidad en momentos de alta demanda. El análisis de rendimiento real reflejó niveles variables de eficiencia, siendo el brazo articulado el más eficiente y el telehandler uno de los más afectados por pausas logísticas.

Como respuesta, se desarrolló una metodología estructurada que incluye: una matriz de problemáticas prioritarias, herramientas y formatos estandarizados para inspección y seguimiento, y un plan de acción agrupado por áreas clave. Esta metodología busca profesionalizar la gestión, fortalecer la trazabilidad, mejorar la seguridad y promover una operación sostenible, alineándose con los Objetivos de Desarrollo Sostenible 8 y 9.

Las principales conclusiones indican que la empresa presenta una desconexión entre la planificación estratégica de maquinaria y su ejecución operativa en obra, así como una falta de estandarización que debilita la trazabilidad y eficiencia de los equipos. Asimismo, se identificaron debilidades en aspectos técnicos y

normativos relacionados con la seguridad activa, el mantenimiento documentado y la disponibilidad de protocolos en obra, lo que plantea un riesgo operativo e institucional que debe ser atendido. El análisis de rendimiento demostró que existe un alto potencial de mejora si se reducen los tiempos muertos y se optimizan las condiciones de uso.

Entre las recomendaciones destacadas, reforzar los controles de mantenimiento mediante herramientas digitales, además de establecer protocolos claros y conocidos para la gestión de fallos.

Introducción

En la industria de la construcción, la adecuada gestión de la maquinaria y el equipo es un factor determinante para alcanzar la eficiencia operativa, cumplir con los plazos establecidos y optimizar los recursos económicos. En este contexto, el presente Trabajo Final de Graduación se enmarca en el área de Gestión de la Construcción de la Escuela de Ingeniería en Construcción del Instituto Tecnológico de Costa Rica, y tiene como objetivo principal el diseño de una metodología para la gestión de maquinaria y equipo en los proyectos de la empresa Constructora Proycon S.A., específicamente en el Proyecto Concord, un edificio de 90 000 m² para la industria médica, con cuatro niveles, sin sótanos, diseñado para cumplir con las certificaciones Bandera Azul y LEED.

El problema que motiva este estudio surge de la ausencia de procedimientos estandarizados y mecanismos sistemáticos para el control, seguimiento y operación de maquinaria en los procesos constructivos de la empresa. Esta carencia ha derivado en una serie de ineficiencias que se traducen en tiempos muertos, sobrecostos operativos y una disminución en el rendimiento de los equipos. Estas deficiencias no solo impactan el desempeño operativo, sino que comprometen la seguridad laboral y la sostenibilidad de las operaciones, ya que el uso ineficiente de estos recursos puede provocar desgaste prematuro y una mayor huella ambiental. Frente a este escenario, se planteó la necesidad de desarrollar una solución estructurada que permitiera responder a los vacíos existentes en la gestión técnica-operativa de los equipos. Por ello, el trabajo se orientó a construir una metodología como resultado del diagnóstico en campo, que integrara herramientas prácticas y aplicables a partir de la realidad observada en la empresa.

La relevancia de esta investigación radica en su aporte al fortalecimiento de las capacidades operativas de la empresa y en la contribución a la sostenibilidad del sector. Como resultado principal del trabajo, se desarrolló una metodología integral para la gestión de maquinaria y equipo, construida a partir de un diagnóstico técnico-operativo detallado en el Proyecto Concord. Esta metodología se estructura en torno a áreas clave de intervención e incluye directrices claras, herramientas prácticas y acciones específicas para abordar problemáticas como, la trazabilidad, la disponibilidad de equipos, el cumplimiento normativo y la eficiencia operativa. Es una guía adaptable a diferentes contextos constructivos, diseñada con base en evidencia empírica, que no solo facilita la toma de decisiones informadas, sino que también promueve una cultura organizacional enfocada en la mejora continua, la seguridad laboral y el uso responsable de los recursos.

Diversos estudios han evidenciado la importancia de contar con una gestión de maquinaria y equipo estructurada. Por ejemplo, Solís et al. (2019) destacan que una planificación cuidadosa del uso de maquinaria permite mejorar el rendimiento y prevenir fallas, mientras que el Centro de Innovación Regional (2021) subraya que una gestión eficiente es clave para garantizar una operación rentable. De igual manera, García

(2023) indica que la estandarización de procesos permite evitar problemas operativos e imprevistos; Ramos et al. (2023) resaltan la reducción de pérdidas con metodologías de control; y Rojas (2024) enfatiza el valor del mantenimiento proactivo mediante datos en tiempo real. Estas investigaciones, junto con el análisis de estudios nacionales como los de Ramírez (2019) y Sánchez (2013), los cuales refuerzan la necesidad de establecer procesos claros para la evaluación de rendimiento y productividad. La originalidad de este trabajo reside en el desarrollo de una propuesta metodológica específica, adaptada a las necesidades y particularidades de Proycon S.A., elaborada a partir de datos empíricos recolectados en campo y un análisis crítico de la situación actual.

Este proyecto también contribuye directamente a los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU. En primer lugar, al ODS 8: Trabajo Decente y Crecimiento Económico, ya que busca mejorar las condiciones laborales y aumentar la productividad de los empleados al reducir tiempos improductivos. En segundo lugar, al ODS 9: Industria, Innovación e Infraestructura, mediante la incorporación de prácticas innovadoras para la gestión de equipos, lo cual impulsa una industria más eficiente, sostenible y moderna.

El presente trabajo se articula en torno a los siguientes objetivos:

Objetivos

Objetivo general

Diseñar una metodología para la gestión de la maquinaria y equipo en los proyectos de la Constructora Proycon S.A.

Objetivos específicos

- Realizar el diagnóstico de la maquinaria y equipo de la empresa Proycon, para la identificación de las condiciones actuales de estos recursos.
- Analizar las condiciones operativas y factores que afectan el rendimiento de la maquinaria, para la identificación de los aspectos críticos.
- Desarrollar una propuesta que estandarice el uso y la gestión de la maquinaria y equipo a partir de los aspectos críticos identificados en los procesos constructivos.

El alcance del trabajo incluye la recopilación de información operativa y normativa de la empresa, observaciones en campo, análisis de tiempos y movimientos, así como la elaboración de una propuesta metodológica integral. No se contempla la implementación práctica de la metodología ni la evaluación de proyectos fuera del ámbito de estudio definido.

Las principales limitaciones enfrentadas durante el desarrollo del trabajo incluyen la variabilidad de las condiciones en campo, la posible resistencia del personal a colaborar y la necesidad de adaptar las herramientas desarrolladas a los flujos de trabajo específicos de la empresa. Asimismo, las herramientas propuestas no serán evaluadas en términos de su implementación final, quedando fuera del alcance de este trabajo.

Agradecimientos

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas que me acompañaron durante la realización de este Trabajo Final de Graduación, así como a lo largo de mi formación académica. A mis padres y hermanos, por ser mi motor, por su apoyo incondicional, y por creer en mis capacidades. A mis amigos, quienes hicieron de este proceso una experiencia más llevadera, divertida y llena de aprendizaje compartido. Gracias por su compañía, motivación y ánimo constante.

A la Ing. Ara Villalobos, mi tutora, por su constante acompañamiento, compromiso y guía. Agradezco profundamente su claridad, disposición y valioso tiempo dedicado al desarrollo de este trabajo. Su orientación fue clave para mantener el rumbo y alcanzar con éxito los objetivos de este proyecto.

Finalmente, a la empresa Proycon S.A., por abrirme sus puertas y brindarme la oportunidad de desarrollar este proyecto en un entorno real de trabajo. Agradezco a cada uno de los colaboradores que, con disposición, paciencia y conocimiento, me apoyaron durante este proceso.

Capítulo 1: Marco teórico

Este marco teórico establece la base conceptual sobre la cual se sustenta el análisis de la gestión de maquinaria en la empresa Proycon S.A., integrando principios técnicos y operativos.

1.1. Rol estratégico y tipología funcional de la maquinaria en la construcción.

La maquinaria y el equipo son elementos clave en la ejecución de proyectos constructivos, ya que influyen en la productividad, seguridad y calidad del proceso. Esta sección aborda su importancia estratégica y presenta una clasificación funcional que facilita su planificación y gestión eficiente en obra.

1.1.1. *Importancia de la maquinaria y equipo en proyectos constructivos.*

La maquinaria y el equipo adecuados son fundamentales en la industria de la construcción, ya que contribuyen significativamente a la eficiencia, seguridad y calidad de los proyectos. La maquinaria moderna está diseñada para realizar tareas específicas de manera eficiente y rápida, lo que reduce significativamente el tiempo de ejecución de los proyectos. Por ejemplo, excavadoras pueden excavar grandes cantidades de tierra en comparación con el trabajo manual, acelerando el proceso de preparación del terreno (GFL, 2023), el uso de elevadores de tijera proporciona a los trabajadores el acceso rápido a diferentes niveles, transportar materiales y herramientas de manera eficiente y realizar múltiples tareas simultáneamente (Echeverría, 2024). Además, el uso de maquinaria pesada y equipos de construcción permite ejecutar las tareas con mayor eficacia, reduciendo la duración total del trabajo y los costos asociados (Robles et al, 2023).

Un informe de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) destaca que la capacitación adecuada en el manejo de maquinaria reduce significativamente los accidentes en el lugar de trabajo, mejorando las condiciones laborales y disminuyendo los costos asociados con la atención médica y la compensación a los trabajadores (OIT, 2022).

La precisión y capacidad de las máquinas modernas aseguran que las tareas se realicen con un alto estándar de calidad, lo que es crucial para la durabilidad y seguridad de la estructura final (Equipados, 2024). Además, el uso de maquinaria especializada permite realizar labores complejas con mayor precisión que el trabajo manual, lo que mejora la calidad general del proyecto (Robles et al, 2023).

Aunque la inversión inicial en maquinaria puede ser alta, los beneficios a largo plazo en términos de ahorro de tiempo y reducción de costos operativos justifican ampliamente este gasto. Contar con la maquinaria adecuada puede prevenir costosos retrasos y errores (Equipados, 2024). Además, el uso eficiente de la maquinaria permite reducir los costos asociados con el mantenimiento y reparación de equipos, ya que se minimiza el desgaste excesivo (Robles et al, 2023).

Un análisis económico realizado por Deloitte sobre la industria de la construcción concluyó que la inversión en tecnología y maquinaria moderna puede generar un retorno significativo en términos de productividad y reducción de costos, lo que mejora la competitividad de las empresas constructoras en el mercado (Deloitte, 2020).

1.1.2. *Clasificación y características de la maquinaria y equipo presente en proyectos constructivos.*

La adecuada clasificación de la maquinaria y el equipo permite no solo una mejor planificación y asignación, sino también una gestión más efectiva durante todo el ciclo de vida del proyecto. Estas clasificaciones pueden establecerse en función de diversos criterios, tales como el tamaño, la fuente de energía que utiliza, el método de transporte y la función específica que desempeñan dentro del proyecto (Seguí, 2019).

1.1.2.1. Según el tamaño y capacidad operativa

Uno de los criterios más comunes para clasificar la maquinaria es su tamaño y la magnitud de trabajo que pueden realizar. En este sentido, se distinguen tres categorías principales:

- **Maquinaria pesada:** Es fundamental en obras de gran envergadura que implican movimientos masivos de tierra, manejo de materiales pesados y ejecución de obras de infraestructura complejas. Dentro de esta categoría se incluyen excavadoras, retroexcavadoras, moto traillas, pavimentadoras, compactadoras, motoniveladoras, volquetas, tractores, cisternas de agua, dragas y escrepas. Estos equipos son imprescindibles en la etapa de preparación del terreno, excavación, nivelación y transporte de materiales en grandes volúmenes (Seguí, 2019).
- **Maquinaria semipesada:** Comprende equipos de dimensiones intermedias, adecuados para tareas que requieren una capacidad de carga y maniobrabilidad moderada. Son ideales para entornos con espacios reducidos o proyectos urbanos. Ejemplos comunes incluyen motovolquetes de obra, grúas pequeñas y excavadoras compactas. Su versatilidad permite que se adapten a una amplia gama de actividades dentro del proyecto (Seguí, 2019).
- **Equipos ligeros:** Son máquinas más pequeñas y manejables, utilizadas en tareas especializadas que exigen precisión, movilidad y operación en espacios confinados. Incluyen bombas de agua, compresoras portátiles, vibradoras de concreto, cortadoras de acero y rompe pavimentos. Aunque su escala es menor, su función es crítica para trabajos detallados o acabados específicos (Seguí, 2019).

Los equipos ligeros se pueden distinguir según la energía consumida para su funcionamiento:

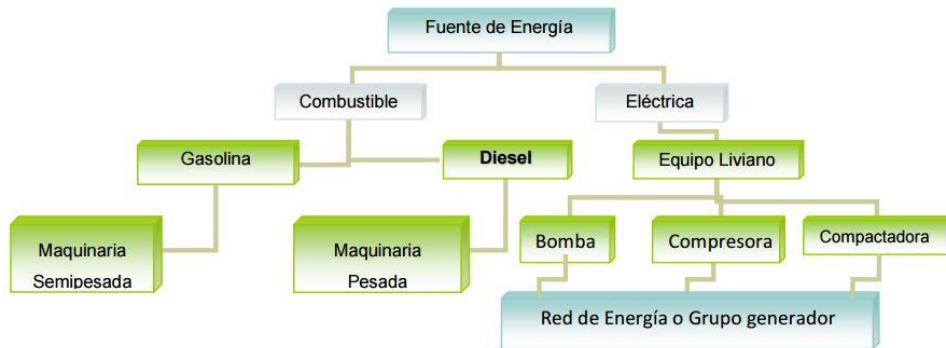
- **Equipos neumáticos:** Funcionan con aire comprimido, adecuados para entornos donde no se puede utilizar electricidad por razones de seguridad o logística (Seguí, 2019).
- **Equipos eléctricos:** Utilizan energía de red o grupos electrógenos, y son preferidos en interiores o zonas donde se requiere bajo nivel de emisiones o ruido (Seguí, 2019).

1.1.2.2. Según la fuente de energía que utiliza.

La clasificación de la maquinaria según su fuente de energía permite distinguir los equipos en función del tipo de sistema que los impulsa. Tal como se muestra en la Figura 1, existen dos grandes grupos: maquinaria que funciona con combustible (gasolina o diésel) y maquinaria eléctrica. La maquinaria semipesada suele utilizar gasolina, mientras que la maquinaria pesada opera principalmente con diésel. Por otro lado, los equipos livianos suelen ser eléctricos.

Figura 1.

Clasificación según fuente de energía.



Nota: Vía Univ. Richard Mamani L. – Por Ing. José Luis Gómez Reintsch

1.1.2.3. Según el método de transporte

La clasificación de la maquinaria según el método de transporte considera la forma en que los equipos se trasladan dentro o hacia el sitio de construcción, esta clasificación permite seleccionar el equipo adecuado según la logística del proyecto y las condiciones del terreno. Según la Figura 2, existen cuatro grandes categorías:

- **Fijos:** Equipos instalados en un lugar permanente, como plantas de producción o maquinaria estacionaria.
- **Móviles:** Pueden desplazarse por sí mismos y se subdividen según su sistema de tracción: orugas, ruedas, rieles o cables /funiculares).
- **Transportados:** Necesitan ser llevados por otros medios; pueden ser jalados o remolcados por otro equipo.
- **Autopropulsados:** Se trasladan por sus propios medios.

Figura 2.

Clasificación según sistema de traslación de la maquinaria.



Nota: Vía Univ. Richard Mamani L. – Por Ing. José Luis Gómez Reintsch

1.1.2.4. Según las operaciones que realizan

Finalmente, la clasificación de maquinaria según las operaciones que realizan permite agrupar los equipos de acuerdo con su función específica dentro del proceso constructivo, como se observa en la Figura 3. De forma general, se distinguen seis grandes grupos: maquinaria para excavar, para transportar, para cargar, para bombear, para humedecer y para compactar, esta clasificación permite asignar maquinaria según la tarea constructiva específica.

Figura 3.

Clasificación según operaciones que realizan.



Nota: Vía Univ. Richard Mamani L. – Por Ing. José Luis Gómez Reintsch

1.2. Gestión de maquinaria en la construcción.

La maquinaria y el equipo representan uno de los recursos más relevantes en los proyectos de construcción. Su adecuada gestión no solo incide en la productividad, sino también en la seguridad, el control de costos y la calidad del proceso constructivo. En esta sección se presentan los aspectos generales que conforman la gestión de estos activos, desde su planificación y operación hasta la importancia de su inspección y el cumplimiento normativo.

1.2.1. Componentes esenciales de la gestión de maquinaria y equipo.

La gestión efectiva de maquinaria en proyectos constructivos requiere atender diversos factores que inciden directamente en su desempeño y disponibilidad. Entre los más relevantes se encuentran la planificación estratégica de su uso, el control de costos operativos y la aplicación de medidas de seguridad en obra. Estos elementos permiten optimizar los recursos, prevenir fallos y garantizar una operación segura y eficiente.

1.2.1.1. Planificación estratégica y programación operativa de maquinaria

La planificación es el primer paso para garantizar que la maquinaria esté disponible y operativa cuando sea necesaria. Este proceso implica identificar las necesidades específicas del proyecto, asignar los equipos adecuados a cada tarea y definir un cronograma detallado para su uso.

Una planificación efectiva considera factores como el tipo de trabajo a realizar, las capacidades técnicas de las máquinas, las condiciones del terreno y el tiempo estimado para completar cada actividad (Solís et al, 2019). Además, es importante prever contingencias para evitar interrupciones en caso de fallos mecánicos o retrasos logísticos.

Pérez (2017) destacó la importancia de establecer rutinas de control de mantenimiento autónomo, preventivo y programado para los equipos críticos. Esto mejora significativamente la confiabilidad y el rendimiento operativo durante las diferentes etapas del proceso constructivo.

1.2.1.2. Control de Costos Operativos

La gestión eficiente de maquinaria también implica un control riguroso de los costos asociados con su operación. Esto incluye el costo del combustible, mantenimiento, depreciación y otros gastos relacionados. La implementación de tecnologías de seguimiento y análisis de datos permite obtener indicadores precisos sobre la eficiencia y consumo de los equipos, facilitando la toma de decisiones informadas para optimizar operaciones y reducir gastos.

En un estudio sobre la gestión de maquinaria en Astaldi, Chile (Goudie, 2023) se resaltó que la inversión en maquinaria y equipos representa entre un 20% y un 25% del costo total de los proyectos. Se propuso un modelo de gestión centralizado para mejorar la eficiencia y reducir costos mediante la estandarización del equipo y la optimización del stock de repuestos.

1.2.1.3. Seguridad Operativa

La implementación de protocolos de seguridad es fundamental para prevenir accidentes y cumplir con las normas vigentes. Es fundamental implementar protocolos claros que incluyan inspecciones diarias antes del uso, señalización adecuada en las áreas donde operan las máquinas y el uso obligatorio de equipo de protección personal (EPP), como cascos, chalecos, zapatos de seguridad, tapones y lentes de seguridad (SafetyCulture, 2024). La supervisión constante por parte del personal encargado asegura que se cumplan las normas establecidas y permite identificar peligros antes de que ocurran accidentes.

1.2.2. *Inspección de maquinaria y equipo presentes en proyectos constructivos.*

La inspección de maquinaria y equipo en proyectos constructivos es un proceso esencial para garantizar la seguridad, eficiencia y calidad en las obras. Este procedimiento abarca desde la evaluación preoperacional hasta inspecciones técnicas y administrativas, y está regulado por normativas específicas que buscan prevenir riesgos y optimizar el uso de recursos.

Las inspecciones de maquinaria y equipo son fundamentales para identificar fallas, garantizar la seguridad de los trabajadores y asegurar el cumplimiento normativo. Según el Reglamento General de Seguridad en Construcciones de Costa Rica (Decreto 40790-S-MTSS, 2017), estas revisiones permiten:

- **Seguridad laboral:** Detectar problemas potenciales antes de que se materialicen los riesgos, reduciendo accidentes y lesiones graves.
- **Cumplimiento legal:** Seguir las normativas aplicables evita sanciones legales y demuestra el compromiso con la seguridad.
- **Mantenimiento preventivo:** Identificar desgastes o fallas a tiempo permite realizar reparaciones preventivas.
- **Eficiencia operativa:** Equipos en buen estado aseguran mayor productividad y calidad en las tareas realizadas.

1.2.2.1. Tipos de inspección

a. **Inspección pre-operacional**

Este tipo de inspección se realiza antes de iniciar cualquier actividad con maquinaria. Su objetivo es verificar que los equipos estén en óptimas condiciones para operar sin riesgos. En Costa Rica, esta práctica es obligatoria según el Reglamento General de Seguridad en Construcciones (Decreto 40790-S-MTSS, 2017).

Las inspecciones pre-operacionales incluyen listas de chequeo específicas para cada tipo de equipo, como grúas, plataformas elevadoras, herramientas eléctricas, entre otros. Estas listas ayudan a detectar posibles fallas o desgastes que podrían comprometer la seguridad durante la operación (Obregón, 2018).

b. Inspección Técnica

Se enfoca en garantizar que la obras se desarrollen conforme a planos constructivos y especificaciones técnicas. Este tipo de inspección puede incluir ensayos de control de calidad, mediciones y pruebas específicas según el tipo de maquinaria utilizada. La inspección técnica verifica que los materiales y equipos cumplan con los estándares de calidad establecidos (INVU, 2022).

El proceso de inspección requiere una planificación adecuada y el uso de herramientas específicas, entre los procedimientos destacados se encuentran las listas de chequeo, estas permiten realizar revisiones sistemáticas sobre el estado físico y funcional del equipo y los formularios digitales, los cuales están incorporados en manuales técnicos para registrar observaciones durante las visitas a obra (Obregón, 2018).

1.2.3. *Importancia de la normativa y estándares de calidad para la gestión de maquinaria en la construcción.*

La evaluación de la maquinaria en la construcción es un proceso crucial que requiere la aplicación de normativas y estándares de calidad para garantizar la seguridad, eficiencia y cumplimiento legal. Estas normativas no solo son esenciales para prevenir accidentes y mejorar la productividad, sino que también aseguran que los proyectos se realicen de acuerdo con los estándares internacionales y locales.

1.2.3.1. Normativa internacional

A nivel internacional, normas como la ISO 12100 proporcionan un enfoque sistemático para evaluar y reducir los riesgos asociados con las maquinarias. Esta norma ayuda a identificar y evaluar peligros potenciales en todas las etapas del ciclo de vida de una máquina, desde su diseño hasta su uso (SGS, 2023).

1.2.3.2. Normativa Costarricense

En Costa Rica, la normativa local establece requisitos específicos para la seguridad y calidad en la construcción. El Decreto 40790-S-MTSS, por ejemplo, regula la seguridad en construcciones y establece estándares para el uso de maquinaria y equipo (Decreto 40790-S-MTSS, 2017). Además, el INVU y otras entidades reguladoras promueven el cumplimiento de normas técnicas para garantizar la calidad y seguridad en las obras civiles.

Los estándares de calidad son fundamentales para garantizar que la maquinaria y los equipos utilizados en la construcción cumplan con los requisitos de seguridad y eficiencia, siendo así que estos ayudan a:

- **Garantizar la seguridad:** Al evaluar y reducir los riesgos asociados con las maquinarias, se minimizan los accidentes y lesiones en el lugar de trabajo (SGS, 2023).
- **Mejorar la eficiencia:** La maquinaria que cumple con los estándares de calidad opera de manera más eficiente, lo que aumenta la productividad y reduce los costos operativos (HQTS, 2023).
- **Evitar sanciones legales:** El cumplimiento de normativas y estándares evita sanciones legales y demuestra el compromiso de la empresa con la calidad y la seguridad (Decreto 40790-S-MTSS, 2017).

1.3. Factores que influyen el rendimiento de la maquinaria.

El desempeño de la maquinaria en proyectos constructivos no depende únicamente de sus características técnicas, sino también de condiciones internas que pueden ser gestionadas estratégicamente. Estos factores internos abarcan aspectos como la selección y uso adecuado del equipo, el diseño del sitio de obra, las prácticas de mantenimiento, la capacitación del personal y la implementación de tecnologías de monitoreo. Su correcta gestión permite maximizar la productividad, reducir tiempos muertos y mejorar la eficiencia general del proyecto

1.3.1. Factores internos: aspectos propios de la maquinaria y su gestión.

El rendimiento de la maquinaria en proyectos de construcción está fuertemente condicionado por factores internos que dependen directamente de la gestión y características propias de los equipos. Estos factores son determinantes porque, a diferencia de las condiciones externas (como el clima o el terreno), pueden ser controlados y optimizados mediante prácticas administrativas y técnicas adecuadas (Domínguez, 2015). En este sentido, la gestión eficiente de la maquinaria no solo implica la selección correcta del equipo, sino también la implementación de programas de mantenimiento, capacitación del personal y sistemas de control que permitan maximizar la productividad y minimizar los costos operativos (Pérez et al., 2021).

1.3.1.1. Gestión técnica de activos

Uno de los aspectos fundamentales dentro de los factores internos es la gestión técnica de los activos. La correcta selección y administración de la maquinaria impacta directamente en la eficiencia y rentabilidad del proyecto. Según Domínguez (2015), aproximadamente un 25 % de los costos en proyectos están relacionados con decisiones inadecuadas en la adquisición o arriendo de maquinaria. Esto evidencia la importancia de realizar un análisis detallado que considere no solo el costo inicial, sino el costo total de operación a lo largo de la vida útil del equipo.

La estandarización de equipos es una práctica recomendada para simplificar la gestión. Al reducir la variedad de marcas y modelos, se facilita el manejo de repuestos y la planificación del mantenimiento, lo que contribuye a una mayor disponibilidad operativa y menores costos logísticos. (Rojas, 2023).

El diseño del sitio de obra es fundamental para reducir tiempos muertos, ya que la ubicación adecuada de equipos, zona de carga y accesos minimiza desplazamientos innecesarios del personal y mejora la productividad (Pérez et al., 2018). Cuando las áreas de operación están alejadas de las zonas de apoyo, se incrementa el tiempo no productivo, afectando el rendimiento de la maquinaria (Padilla, 2016). Por ello, un diseño eficiente que facilite accesos cercanos optimiza la logística interna y la eficiencia del proyecto (Morillo et al., 2012).

1.3.1.2. Mantenimiento preventivo y predictivo

El mantenimiento es otro factor interno esencial que influye en el rendimiento de la maquinaria. Un programa bien estructurado de mantenimiento preventivo y predictivo puede aumentar la disponibilidad de los equipos en un 30%, como lo demostró HG Constructora S.A. (Pérez et al., 2021). Este tipo de

mantenimiento se basa en inspecciones regulares y el uso de tecnologías que permiten anticipar fallas antes de que ocurran, evitando paradas inesperadas y costosas (Pérez et al., 2021).

Las rutinas de mantenimiento incluyen inspecciones diarias realizadas por los operarios para verificar niveles de fluidos, desgaste de componentes, así como mantenimientos programados basados en horas de uso o condiciones específicas (Pérez et al., 2021).

1.3.1.3. Capacitación de personal

El factor humano es clave en la gestión interna de la maquinaria. La capacitación adecuada de operarios y técnicos no solo mejora la seguridad en el manejo de los equipos, sino que también tiene un impacto directo en la productividad y en la reducción del desgaste prematuro de la maquinaria (ANMOPYC, 2025). Estudios realizados en el sector de maquinaria pesada indican que la competencia del personal puede influir entre un 15 % y 20% en la eficiencia operativa (ANMOPYC, 2025).

Programas de formación que incluyen certificaciones en seguridad y técnicas de operación eficiente contribuyen a minimizar accidentes y optimizar el consumo de combustible (ANMOPYC, 2025). Por ejemplo, operarios capacitados aplican mejores prácticas que prolongan la vida útil de los componentes y reducen tiempos muertos, generando un retorno de inversión significativo para la empresa (ANMOPYC, 2025).

1.3.1.4. Sistemas de control y seguimiento

La incorporación de tecnologías como sistemas GPS y telemetría ha revolucionado la gestión interna de la maquinaria. Estos sistemas permiten el monitoreo en tiempo real del estado y uso de los equipos, facilitando la detección temprana de mal uso o condiciones que puedan provocar fallas (González, 2022). Además, optimizando la logística interna mediante la planificación eficiente de rutas y movimientos dentro del sitio de trabajo (González, 2022).

El acceso a datos históricos digitalizados sobre fallas y mantenimientos permite realizar análisis predictivos y ajustar los planes de mantenimiento, anticipándose a problemas recurrentes (González, 2022). Esto se traduce en una mayor disponibilidad y un mejor rendimiento general de la maquinaria (Pérez et al., 2021).

1.4. Estandarización en la gestión de maquinaria y equipo en proyectos constructivos.

La estandarización en la gestión de maquinaria es una práctica clave para mejorar la eficiencia operativa, reducir costos y facilitar el control y la planificación en proyectos con múltiples frentes de trabajo. En el contexto de Proycon S.A., esta práctica puede representar una oportunidad estratégica para optimizar recursos en proyectos constructivos.

1.4.1. Ventajas de la estandarización en la gestión de maquinaria y equipo.

La adopción de procedimientos y criterios uniformes para la adquisición, mantenimiento y operación de equipos permite simplificar procesos, reducir errores y mejorar la coordinación entre proyectos. Según

Riwal (2025), la estandarización facilita la gestión de repuestos, disminuye tiempos de inactividad y mejora la eficiencia de la flota. La homogeneidad de equipos también apoya la implementación de programas de mantenimiento predictivo y preventivo basados en monitoreo en tiempo real.

Además, trabajar con modelos estandarizados permite a los operarios especializarse, lo cual mejora la seguridad y reduce la tasa de fallos operativos (CAV Servicios, 2025). Esta práctica también permite integrar tecnologías avanzadas con mayor facilidad, como lo menciona González (2025), quien destaca que una flota homogénea facilita la automatización y digitalización de procesos.

1.4.2. Gestión de maquinaria y equipo en proyectos constructivos: Casos de aplicación.

La gestión de la maquinaria y equipo en proyectos constructivos influye directamente en la productividad, el control de costos, la seguridad y el cumplimiento de los plazos establecidos. La complejidad de los proyectos y la diversidad de equipos requieren metodologías robustas que permitan optimizar recursos, coordinar actividades y minimizar riesgos.

1.4.2.1. Caso 1: Matrices estándar de maquinaria para proyectos similares

Uno de los enfoques más utilizados en la gestión de maquinaria es la creación y aplicación de matrices estándar que identifican y cuantifican el equipo necesario para las distintas actividades dentro de un proyecto. Según Solís et al (2019), esta práctica facilita la planificación y control de la maquinaria, permitiendo ajustar las necesidades según las características particulares de cada obra.

Solís et al (2019) destacan que las empresas que ejecutan proyectos similares suelen mantener matrices estándar que se revisen y adaptan para cada nuevo proyecto, lo que permite una asignación eficiente de los recursos y evita retrasos causados por la falta de disponibilidad de equipos. Esta sistematización contribuye a equilibrar la demanda de maquinaria en proyectos simultáneos, un problema común en la industria de la construcción, donde la competencia por recursos puede generar cuellos de botella y sobrecostos.

Por ejemplo, en la construcción de carreteras, la planificación detallada de maquinaria para actividades como desmonte, nivelación y compactación se basa en estas matrices para optimizar el uso de los equipos y controlar los costos operativos. La estandarización de estos procesos permite también mejorar la comunicación entre los equipos de obra y la administración, facilitando la toma de decisiones y la gestión de imprevistos (Solís et al, 2019).

1.4.2.2. Caso 2: Integración de inteligencia artificial y tecnologías emergentes

La incorporación de tecnologías avanzadas, especialmente la inteligencia artificial (IA), está revolucionando la gestión de maquinaria en la construcción. Editorial Team (2025) señala que la IA permite optimizar la planificación, monitoreo y gestión de recursos mediante análisis predictivos y aprendizaje automático. Esto facilita anticipar riesgos, prever retrasos y ajustar dinámicamente la asignación de maquinaria y mano de obra en función de las condiciones reales del proyecto.

Por ejemplo, sistemas basados en IA pueden analizar datos históricos en tiempo real para detectar patrones de fallas o ineficiencias, proponiendo acciones correctivas antes de que produzcan paradas o accidentes. La combinación de IA con tecnologías como BIM (Building Information Modeling) crea un ecosistema digital interconectado que mejora la coordinación entre los distintos actores del proyecto, desde la planificación hasta la ejecución y el mantenimiento (Editorial Team, 2025).

Un caso práctico es la implementación de plataformas que integran sensores en la maquinaria para monitorear parámetros críticos como temperatura, vibraciones y consumo de combustible, enviando alertas automáticas que permiten programar mantenimientos predictivos y optimizar el uso del equipo. Esto no solo mejora la disponibilidad operativa, sino que también contribuye a la sostenibilidad y reducción de costos (Editorial Team, 2025).

1.4.2.3. Caso 3: Uso de software especializado para la gestión integral

La gestión digitalizada mediante software especializado es otra tendencia que ha transformado la administración de maquinaria y equipo en proyectos constructivos. Herramientas como Procore, Buildtrend, Autodesk Revit y Smartsheet permiten planificar, ejecutar y monitorear en tiempo real la asignación y uso de maquinaria, facilitando la comunicación entre equipos, el control de plazos y la gestión de costos (Jiménez, 2025).

Por ejemplo, Procore ofrece funcionalidades para la programación de tareas, seguimiento de recursos y generación de reportes detallados, lo que contribuye a una gestión más transparente y eficiente de la maquinaria en obra. La integración con modelos BIM mejora la visualización y coordinación de las actividades, permitiendo detectar conflictos y optimizar la secuencia de trabajo (Jiménez, 2025).

Estas plataformas también facilitan la documentación y trazabilidad de las operaciones, aspectos clave para cumplir con normativas, auditorías y estándares de calidad. La digitalización de la gestión permite además la recopilación de datos que alimentan sistemas de análisis y mejora continua, potenciando la toma de decisiones basada en evidencia.

1.4.2.4. Caso 4: Estandarización y certificación de procesos

La estandarización de procesos en la gestión de maquinaria y equipo, acompañada de certificaciones internacionales como ISO 9001, ha sido adoptada por empresas para garantizar la calidad y eficiencia en sus operaciones. Esto implica definir procedimientos claros para la adquisición, operación, mantenimiento y control de los activos, así como capacitar al personal y establecer indicadores de desempeño.

Un ejemplo es la empresa ESCOSA, que implementó la estandarización de procedimientos técnicos y administrativos para la ejecución de obras con sistemas prefabricados, logrando mejorar la calidad y aumentar la satisfacción del cliente (Garzona, 2012). La aplicación de normas y estándares contribuye a minimizar errores, reducir tiempos y optimizar costos, además de facilitar la replicabilidad de buenas prácticas en diferentes proyectos.

1.4.2.5. Caso 5: Caso de Constructora Electromecánica COELME S.A.

Un estudio realizado sobre la empresa Constructora Electromecánica COELME S.A, evidenció que la estandarización de procesos en la gestión de proyectos puede generar incrementos en la productividad entre un 5% y 15% en plazos inferiores a un año, resultado de la mejora en rendimientos y la reducción de defectos (Zaratiegui 1999, citado en García, 2019). La investigación subraya la importancia de profesionalizar la gestión para ganar competitividad y aprovechar la ventaja que supone contar con certificaciones o reconocimientos en estandarización de procesos. Este caso refleja como la estandarización puede ser un factor diferenciados en mercados con baja adopción de estas prácticas.

1.4.3. *Aplicación operativa de los principios de gestión.*

La implementación de buenas prácticas operativas complementa los principios técnicos de la gestión de maquinaria, y contribuye a maximizar el rendimiento, reducir fallas operativas y mejorar la eficiencia global del proyecto.

- **Mantenimiento proactivo y monitoreo en tiempo real:** El uso de sensores conectados permite recopilar datos críticos sobre el estado de los equipos, facilitando la detección temprana de fallas y la programación oportuna de intervenciones (Echeverría, 2024).
- **Planificación y programación eficiente:** Una gestión cuidadosa de los recursos, con cronogramas ajustados, previene retrasos y reduce tiempos muertos (Themple, 2024).
- **Uso de tecnologías avanzadas:** Herramientas como BIM, Lean Construction y drones de monitoreo optimizan procesos y mejoran la calidad de la ejecución (CDT, 2024).
- **Gestión del combustible y seguridad operativa:** Plataformas como Zeek GPS permiten controlar consumo, localizar equipos y reducir riesgos en obra (Zeek GPS, 2024).
- **Organización logística del sitio:** Una adecuada planificación de accesos, rutas y zonas de almacenamiento garantiza disponibilidad, orden y seguridad operativa (Pérez et al., 2018).

Una vez establecidos los principios técnicos y operativos para la gestión de maquinaria, resulta necesario contar con un enfoque sistemático que permita organizar, estandarizar y optimizar dichos procesos en los proyectos constructivos.

1.5. Metodología para la gestión de maquinaria y equipo.

Una metodología es un conjunto estructurado de principios, procedimientos y herramientas que guían la ejecución ordenada y sistemática de un proceso, con el fin de alcanzar objetivos específicos de manera eficiente y repetible (Sampieri et al., 2014). En contextos técnicos como el de la construcción, una metodología no solo organiza el trabajo, sino que también proporciona estándares para evaluar, controlar y mejorar procesos complejos como la gestión de maquinaria y equipo.

Según Sampieri et al. (2014), una metodología aplicada debe adaptarse a la realidad operativa de su entorno, combinando tanto elementos normativos como prácticos que respondan a problemas previamente identificados. En este sentido, no se trata únicamente de una descripción de pasos, sino una herramienta que

permite tomar decisiones informadas, reducir incertidumbres operativas y mejorar el desempeño organizacional en tareas específicas.

En el ámbito de la gestión de maquinaria y equipo en la construcción, el diseño de metodologías efectivas implica identificar áreas críticas de intervención, definir acciones y herramientas concretas, y estructurar responsabilidades. Además, debe contemplar estrategias de capacitación y actualización continua, para asegurar la correcta ejecución y sostenibilidad de las medidas propuestas.

Capítulo 2: Metodología

La gestión de la maquinaria es clave para optimizar el proceso de construcción de un proyecto. Sin embargo, la falta de estándares en su gestión puede generar ineficiencias. Para abordar este desafío, es fundamental un enfoque metodológico que permita diagnosticar problemas y proponer mejoras

2.1. Tipo de investigación

La investigación se enmarca en un enfoque aplicado y mixto, ya que su propósito principal es generar conocimientos que permitan comprender y mejorar la gestión de maquinaria y equipo en la empresa Proycon.

El enfoque mixto, que combina métodos cualitativos y cuantitativos, es fundamental para abordar el problema desde diferentes perspectivas. Hernández et al (2014), menciona que el enfoque mixto implica un conjunto de procesos de recolección, análisis y vinculación de datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio. A través del componente cuantitativo, se recopiló y analizaron datos relacionados con el rendimiento de la maquinaria y tiempos de operación. Esta información permitió elaborar un diagnóstico objetivo basado en métricas concretas. Por otra parte, el enfoque cualitativo permitió comprender las prácticas actuales de gestión, las percepciones del personal encargado y los desafíos asociados a la gestión de la maquinaria y equipo. A través de entrevistas, observación en campo, investigación bibliográfica, entre otros, se identificaron patrones de uso, prácticas y áreas de oportunidad que no pueden ser captadas únicamente con datos numéricos.

Kiss (2025), afirma que la investigación aplicada es aquella que se lleva a cabo con el objetivo de resolver un problema puntual. Se trata de un estudio que busca no solo analizar el estado actual de estos recursos, sino también identificar los factores críticos que afectan su rendimiento y proponer estrategias que contribuyan a una gestión más eficiente. Su finalidad es generar información útil para la toma de decisiones dentro de la empresa, sin intervenir directamente en la implementación de los hallazgos.

2.2. Definición de categorías y variables

Con el fin de orientar la recolección y el análisis de datos, se definieron categorías y subcategorías clave relacionadas con la gestión de maquinaria y equipo. A continuación, se presenta un cuadro que detalla su conceptualización, las preguntas generadoras y los instrumentos utilizados para su abordaje durante la investigación.

Cuadro 1.

Categorías y subcategorías de investigación

Categoría	Definición conceptual de la categoría	Subcategoría	Definición conceptual	Pregunta generadora	Instrumentos
Gestión de la Maquinaria y Equipo	La gestión de la maquinaria y equipo es la actividad que tiene como función principal definir, direccionar, planificar, organizar, implementar, controlar y validar las actividades administrativas y operativas relacionadas con el manejo de las máquinas y los equipos ubicados en los proyectos, cumpliendo con lineamientos definidos. (Sánchez, 2021)	Inspección y Diagnóstico Integral de la gestión de Maquinaria y Equipo	Proceso de inspección y análisis del estado de la maquinaria para identificar fallas y determinar necesidades.	1. ¿Cómo se puede identificar las condiciones actuales de los equipos y su impacto en las operaciones diarias? 2. ¿Qué factores deben considerarse al realizar la evaluación de la maquinaria?	1. Guía de entrevista 2. Lista de verificación 3. Formato de toma de tiempos y movimientos.
		Establecimiento de Estándares Operativos	Mejora de la eficiencia en el uso de la maquinaria mediante el análisis de aspectos críticos y la implementación de procedimientos estandarizados.	1. ¿Qué aspectos deben optimizarse para mejorar la eficiencia de los equipos? 2. ¿Qué procedimientos se pueden realizar para garantizar una gestión eficiente y optimizada de la maquinaria?	1. Guía de entrevistas 2. Lista de verificación.

2.3. Sujetos de información

Para la recolección de información, se definieron distintos grupos de participantes involucrados en la gestión y operación de maquinaria, tanto a nivel estratégico como operativo. El siguiente cuadro presenta la descripción de la población y muestra seleccionada, los instrumentos aplicados y la justificación de su elección, en función de los objetivos específicos del estudio.

Cuadro 2.

Descripción y muestreo de los sujetos de información

Sección	Instrumento	Población	Muestra	Justificación
Objetivo 1	Entrevista 1.1 (Apéndice 1)	Profesionales con experiencia en la gestión de maquinaria y equipo en proyectos aplicada por la empresa Proycon en los diversos proyectos de la empresa.	Encargado a nivel general en la empresa de la gestión de maquinaria y equipo (Ing. Pablo García).	Se selecciona el experto con una visión integral de la operación, supervisión y toma de decisiones necesarios para obtener información detallada sobre la gestión de maquinaria en la empresa.
	Lista de verificación - especificaciones por equipo (Apéndice 4)	Personal técnico y operadores del equipo.	6 equipos y sus operadores en total.	Se seleccionaron seis equipos y sus respectivas actividades con el fin de representar distintos tipos de maquinaria y tareas ejecutadas en la etapa final del proyecto. Esta cantidad resultó adecuada para garantizar una muestra variada, tomando en cuenta el tiempo disponible y los recursos logísticos para su observación directa en el sitio de obra, siendo así que se toma esta población como sujeto de muestreo, facilitando la recopilación de datos generales sobre la gestión de maquinaria.
	Lista de verificación - generalidades (Apéndice 5)	Personal técnico y operadores de equipos.	6 equipos y sus operadores en total.	Se seleccionaron seis equipos y sus respectivas actividades con el fin de representar distintos tipos de maquinaria y tareas ejecutadas en la etapa final del proyecto. Esta cantidad resultó adecuada para garantizar una muestra variada, tomando en cuenta el tiempo disponible y los recursos logísticos para su observación directa en el sitio de obra, siendo así que se toma esta población como sujeto de muestreo, facilitando la recopilación de datos generales sobre la gestión de maquinaria.

Cuadro 2. Descripción y muestreo de los sujetos de información (Continuación)

Sección	Instrumento	Población	Muestra	Justificación
Objetivo 2	Entrevista 2.1 (Apéndice 2)	Personal administrativo encargado de la gestión de maquinaria y equipo, que interactúa directamente con los recursos presentes en el proyecto.	Encargado a nivel proyecto de la gestión de maquinaria y equipo (Admin. Ervin Vargas)	Se selecciona personal que interactúa directamente con la maquinaria en proyecto para identificar desafíos específicos relacionados con su uso y gestión en el contexto del proyecto.
	Entrevista 2.2 (Apéndice 3)	Personal en campo que interactúa con el equipo y maquinaria.	6 operadores de 6 diferentes equipos.	Se seleccionaron seis equipos y sus respectivas actividades y por consiguiente sus operadores respectivos, con el fin de representar distintos tipos de maquinaria y tareas ejecutadas en la etapa final del proyecto. Esta cantidad resultó adecuada para garantizar una muestra variada, tomando en cuenta el tiempo disponible y los recursos logísticos para su observación directa en el sitio de obra, siendo así que se toma esta población como sujeto de muestreo, permitiendo obtener información específica que enfrentan los operadores, detallando las dificultades que pueden afectar el rendimiento de la maquinaria.
	Formato de toma de tiempos y movimientos (Apéndice 6)	Equipo	6 diferentes equipos en total.	Se seleccionaron seis equipos y sus respectivas actividades con el fin de representar distintos tipos de maquinaria y tareas ejecutadas en la etapa final del proyecto. Esta cantidad resultó adecuada para garantizar una muestra variada, tomando en cuenta el tiempo disponible y los recursos logísticos para su observación directa en el sitio de obra, siendo así que se toma esta población como sujeto de muestreo, permitiendo analizar el rendimiento de cada equipo proporcionando datos específicos sobre su desempeño.

El muestreo en este estudio fue de tipo no probabilístico por conveniencia, seleccionando a los sujetos y equipos con base en su accesibilidad, disponibilidad y participación en el proyecto durante el periodo de recolección de datos. Otzen & Manterola (2017) afirman que el muestreo por conveniencia es una técnica de muestreo no probabilístico en la que se seleccionan los casos o participantes más accesibles y disponibles para el investigador, basándose en la proximidad y facilidad de acceso. Esta elección permitió obtener

información directa de los actores más involucrados con la operación y gestión de la maquinaria en campo, facilitando así la recopilación de datos relevantes en un entorno dinámico como el del proyecto en ejecución.

Se identificaron dos responsables clave, uno a nivel de proyecto (Admin. Ervin Vargas) y otro a nivel de empresa (Ing. Pablo García), quienes supervisan la gestión de la maquinaria.

El enfoque del estudio se centró en seis equipos representativos, seleccionados por su diversidad funcional y su presencia activa en la etapa final del proyecto. La muestra incluyó un operador y un equipo por tipo, junto con la actividad asociada, permitiendo abarcar funciones clave como elevación, carga, transporte de materiales y apoyo operativo.

Cada uno de estos equipos está vinculado a una tarea operativa específica, lo que permitió analizar su desempeño en el contexto real de uso y evaluar su eficiencia en relación con la actividad que realiza. Esta selección busca ofrecer una visión integral del rendimiento de la maquinaria en condiciones reales, considerando además el alcance y los recursos disponibles para su observación directa en obra.

Por otro lado, el objetivo 3 no se incluye en la tabla debido a que este se desarrolló a partir de los hallazgos en los objetivos anteriores, por lo que no requiere de sujetos de información.

2.4. Fuentes de información

Las fuentes primarias son aquellas obtenidas directamente de la empresa Proycon S.A., a partir del conocimiento y experiencia del personal involucrado en la gestión y operación de maquinaria. En este sentido, se considera como fuente principal al personal responsable de la gestión de los equipos, así como a los operadores y técnicos encargados de su uso diario. Además, se tomaron en cuenta los registros internos de la empresa relacionados con el estado, uso y mantenimiento de la maquinaria, lo que permitió contar con información detallada sobre su rendimiento operativo y las condiciones en las que se encuentra.

En cuanto a las fuentes secundarias, estas estuvieron conformadas por normativas nacionales e internacionales aplicables a la gestión de maquinaria y equipo. También se revisaron investigaciones previas y estudios de casos relacionados con metodologías de gestión de maquinaria en proyectos constructivos.

2.5. Técnicas e instrumentos de recolección

Para cumplir con los objetivos del estudio, se aplicaron diversas técnicas e instrumentos que permitieron recopilar información cualitativa y cuantitativa directamente desde el entorno de obra. Esta sección detalla los métodos seleccionados y su aplicación específica en función de cada objetivo, con el fin de garantizar la obtención de datos relevantes, precisos y contextualizados.

2.5.1. Descripción de técnicas e instrumentos

Para la recopilación de información relacionada con la gestión de maquinaria y equipo en la empresa Proycon S.A., se seleccionaron diversas técnicas e instrumentos de recolección de datos, con el fin de obtener información tanto cualitativa como cuantitativa. Entre estos se encuentran la revisión documental,

entrevistas, listas de verificación, registro de tiempos y movimientos y la recopilación bibliográfica. La aplicación de cada uno de estos métodos e instrumentos se detalla a continuación:

2.5.1.1. Objetivo 1

Para dar cumplimiento al primer objetivo específico, orientado al diagnóstico de las condiciones actuales de la maquinaria y equipo, se aplicaron diversas técnicas de recolección de información. Estas incluyen entrevistas a personal clave, listas de verificación y revisión documental, con el propósito de obtener una visión integral sobre el estado operativo, el mantenimiento, el uso y los procedimientos existentes en la gestión de estos recursos dentro de la empresa.

2.5.1.1.1. Entrevista a personal clave

Se implementó una entrevista dirigida al responsable de la gestión de la maquinaria y equipo dentro de la empresa, con el propósito de obtener información cualitativa sobre los procesos actuales de gestión, mantenimiento, operación y almacenamiento de maquinaria. (Ver Apéndice 1)

2.5.1.1.2. Listas de verificación

Se aplicaron dos diferentes listas de verificación a diversos equipos, una acerca de las generalidades del proceso de gestión de la maquinaria y otra de las especificaciones con el objetivo de determinar el estado operativo de la maquinaria, las condiciones actuales de mantenimiento y almacenamiento. (Ver Apéndices 4 y 5)

2.5.1.1.3. Revisión documental

En el caso de la recopilación bibliográfica se analizaron tanto normativas nacionales e internacionales sobre la gestión de maquinaria y equipo, junto con estándares de calidad aplicables. Se llevó a cabo un análisis detallado de la documentación existente en la empresa, con el objetivo de identificar aspectos claves sobre la gestión de maquinaria y equipo en proyectos constructivos. Además, se revisaron los procedimientos y normativas internas aplicadas en la gestión de la maquinaria y equipo, con el fin de detectar oportunidades de mejora.

2.5.1.2. Objetivo 2

Para alcanzar el segundo objetivo específico, centrado en el análisis de los factores que afectan el rendimiento de la maquinaria, se emplearon técnicas orientadas a medir la eficiencia operativa en condiciones reales de obra. Se aplicó un registro de tiempos y movimientos para cuantificar el desempeño de los equipos y entrevistas al personal vinculado directamente con su operación, permitiendo identificar aspectos críticos que limitan su productividad.

2.5.1.2.1. Registro de tiempos y movimientos

Se llevó a cabo una medición de la productividad de la maquinaria mediante el registro de tiempos y movimientos en distintos procesos constructivos y con diversos equipos. Este análisis permitió cuantificar la eficiencia operativa de los equipos utilizados en el proyecto y determinar factores que afectan su rendimiento. (Ver Apéndice 6)

2.5.1.2.2. Entrevista a personal clave

Se realizaron dos entrevistas, la primera dirigida a los operadores de maquinaria y la segunda al encargado de la gestión de maquinaria y equipo a nivel proyecto, con el objetivo de identificar los principales desafíos y problemáticas en el uso y gestión de los equipos, así como los aspectos críticos que influyen en su rendimiento. (Ver Apéndices 2 y 3)

2.5.1.3. Objetivo 3

Para el desarrollo del objetivo 3, se utilizó la matriz de problemáticas prioritarias como base, la cual fue construida a partir del análisis de los resultados obtenidos mediante las herramientas de recolección aplicadas en obra. Esta matriz permitió enfocar la propuesta metodológica en los aspectos críticos identificados en la gestión de maquinaria y equipo.

2.6. Análisis y procesamiento de la información

Una vez recolectados los datos, se procedió con su análisis e interpretación de acuerdo con cada objetivo específico. Esta sección presenta el enfoque seguido para organizar, procesar y representar los resultados, utilizando herramientas cualitativas y cuantitativas que permitieran extraer conclusiones fundamentadas y orientar el desarrollo de la propuesta metodológica.

2.6.1. Descripción del proceso de análisis y presentación de resultados.

El proceso de análisis de la información para la gestión de maquinaria y equipo se llevó a cabo en función de los objetivos específicos, utilizando herramientas que aseguren resultados confiables y fundamentados. A continuación, se describe la metodología empleada para este análisis.

2.6.1.1. Objetivo 1

Para abordar el primer objetivo, enfocado en comprender las condiciones actuales de la maquinaria y equipo en la empresa, se emplearon una combinación de métodos cualitativos y cuantitativos para el análisis de la información, junto con una presentación estructurada de los resultados que facilita su interpretación.

2.6.1.1.1. Entrevista a personal clave

Para una mejor organización y comprensión de los resultados para la elaboración del posterior análisis se optó por presentar la información en forma de cuadro. Esta estructura permite visualizar de manera clara y ordenada un resumen conciso de sus respuestas por tema.

Para el análisis de la entrevista 1.1, se utilizó un enfoque comparativo mediante un diagrama de Venn con los hallazgos obtenidos en las entrevistas dirigidas al encargado de maquinaria a nivel proyecto (entrevista 2.1) y a nivel empresa (entrevista 1.1), el diagrama de Venn es una herramienta gráfica eficiente para mostrar sistemas de clasificación en los que los elementos pueden pertenecer a varias categorías al mismo tiempo, permitiendo identificar conjuntos, sus intersecciones y elementos exclusivos de cada grupo (Universidad Autónoma de Nuevo León, 2014). Este enfoque permitió identificar los aspectos clave en la gestión de la maquinaria, lo cual es imprescindible para el desarrollo del presente objetivo, además facilitará

contrastar estos elementos con la realidad operativa observada en el proyecto, ayudando a detectar alineaciones o discrepancias entre la planificación empresarial y la ejecución en obra, esto con el fin de detectar factores críticos.

2.6.1.1.2. Revisión documental

La información obtenida mediante la recopilación bibliográfica se expuso tanto la normativa nacional como la internacional. Esto permitió visualizar de manera clara las principales normativas que regulan la gestión de maquinaria, junto con su aplicación específica en los proyectos de construcción.

Se empleó el método de análisis de contenido, permitiendo identificar las principales categorías temáticas que rigen la gestión de maquinaria. Este análisis facilitó la extracción de criterios relevantes para la comparación con las prácticas actuales. López (2002), afirma que con esta técnica no es el estilo del texto lo que se pretende analizar, sino las ideas expresadas en él.

2.6.1.1.3. Listas de verificación

La información obtenida mediante las listas de verificación se analizó de forma cuantitativa descriptiva. Se calcularon frecuencias, porcentajes de cumplimiento por ítem y diagramas de barras y de pastel, con el fin de identificar áreas fuertes y débiles en los procesos evaluados, la investigación descriptiva permite obtener una visión clara y objetiva de los datos (Hernández Sampieri et al., 2014).

Adicionalmente, para apoyar la interpretación de los resultados numéricos, se aplicó un análisis FODA, que permitió clasificar las observaciones obtenidas. Esta herramienta facilita un diagnóstico integral de la situación, identificando no solo las debilidades y fortalezas internas, sino también las oportunidades y amenazas externas, lo que contribuye a orientar estrategias de mejora fundamentadas y a la toma de decisiones estratégicas (Ponce, 2007).

2.6.1.2. Productos del objetivo 1

Los productos del desarrollo de las actividades de este objetivo se mencionan a continuación, primeramente, una recopilación de normativa y estándares de calidad para la gestión de maquinaria y equipo, este es fundamental para establecer una línea base de comparación entre las prácticas actuales de la empresa y los estándares reconocidos en la industria, además permitió identificar brechas en la gestión de la maquinaria y equipo, así como oportunidades de mejora en los procedimientos internos.

Posteriormente, se incluyó un listado sobre los tipos de maquinaria utilizados por la empresa en el proyecto al momento de la recopilación de datos, esto proporcionó un inventario de la maquinaria y equipos en uso, categorizados según su tipo, código interno y proveedor.

Finalmente, un análisis sobre el estado operativo y las condiciones actuales de la gestión de maquinaria y equipo en la empresa, este integró los hallazgos para ofrecer una visión global del estado de la maquinaria, su disponibilidad, uso, mantenimiento, deficiencias en el uso entre otros detalles, además permitió identificar ineficiencias en la gestión y establecer una base para la formulación de estrategias de mejora.

2.6.1.3. Objetivo 2

En el caso del segundo objetivo, con el fin de determinar la eficiencia de la maquinaria, se aplicaron técnicas de medición directa, así como también entrevistas.

2.6.1.3.1. Entrevista a personal clave

La entrevista 2.1 dirigida al gestor de maquinaria a nivel proyecto, con el fin de facilitar la organización y comprensión para el análisis posterior, se presentó en forma de cuadro resumen. Esta presentación permitió observar de manera clara y ordenada un resumen preciso de las respuestas obtenidas.

Como se menciona con anterioridad en la sección 1.1, se realizó un análisis comparativo mediante un diagrama de Venn a partir de información brindada por el gestor de maquinaria a nivel empresa (entrevista 1.1) y a nivel proyecto (entrevista 2.1). Este tipo de análisis resulta clave para comprender la brecha entre la gestión teórica y la práctica cotidiana de la obra y así observar cuales son los factores críticos que afectan a la gestión de maquinaria, siendo esto paso fundamental para el desarrollo del presente objetivo.

Para analizar la entrevista 2.2 dirigida al personal en campo, con el propósito de simplificar la organización y facilitar la comprensión para el análisis posterior, se eligió presentar la información en un cuadro resumen. Este formato ofrece una visualización clara y estructurada de las respuestas obtenidas.

Se utilizó una técnica de análisis cuantitativa descriptiva, complementada con categorización cualitativa en la pregunta abierta. Las respuestas de tipo si/no y de selección múltiple fueron tabuladas y representadas en gráficos de tipo pastel para facilitar la visualización de tendencias, lo cual es recomendado para identificar patrones y facilitar la interpretación de los datos (Hernández Sampieri et al., 2014). Para las respuestas abiertas, estas fueron analizadas mediante un enfoque de análisis cualitativo de contenido, Cáceres (2003) indica que el análisis cualitativo de contenido es un análisis controlado de textos dentro de su contexto. Este tipo de análisis permitió complementar los hallazgos cuantitativos con percepciones más profundas y contextuales, enriqueciendo la interpretación de las condiciones operativas y las áreas de mejora en la gestión de maquinaria dentro del proyecto.

2.6.1.3.2. Registro de tiempos y movimientos

Se realizó la observación de diversas máquinas en operación y se registrará su actividad en intervalos definidos, clasificando el tiempo en categorías de trabajo productivo, contributivo y no productivo, conforme a la técnica de Five Minutes Rating. En el caso de la presentación de resultados se utilizaron tablas que mostraron los datos obtenidos a través de la medición directa.

Para el análisis de estos datos, se calcularon los porcentajes de tiempo en cada categoría, estimando el tiempo efectivo de trabajo de la maquinaria. Este cálculo permitió determinar el factor de eficiencia y, junto con la medición de trabajo realizado, se obtendrá el rendimiento real de cada equipo. Además, se aplicó la metodología de Crew Balance para evaluar la distribución y sincronización de las actividades entre las máquinas, identificando posibles desbalances y tiempos muertos que afecten la productividad global. También se realizaron diagramas de barras y de pastel con el objetivo de visualizar la cantidad de trabajo

realizado por el equipo y su productividad global. Esta sección tiene como objetivo identificar el tiempo efectivo, los tiempos improductivos y los factores que afecten el rendimiento operativo de los equipos evaluados. Los datos recopilados permitieron establecer indicadores clave sobre el desempeño real de la maquinaria y aportan información valiosa para analizar la eficiencia en el uso de estos recursos, lo cual es fundamental para proponer mejoras en su gestión.

La medición precisa del rendimiento de maquinaria pesada en proyectos constructivos es esencial para optimizar recursos, controlar costos y mejorar la productividad. El método Five Minutes Rating es una técnica para medir el rendimiento de maquinaria y personal en proyectos de construcción mediante observaciones periódicas cada cinco minutos. Consiste en registrar el estado operativo del equipo en intervalos regulares, lo que permite determinar la proporción de tiempo dedicado a diferentes actividades, como operación, espera o mantenimiento (Durán, 2012). Según Barnes (1980), la proporción estimada de tiempo que la maquinaria dedica a un estado específico, como trabajo productivo, no productivo y contributivo, se calcula con la ecuación 1.

$$P = \frac{n}{N} \quad 1$$

Donde:

- P es la proporción estimada del tiempo en el estado observado,
- n es el número de observaciones en ese estado,
- N es el total de observaciones realizadas.

Durante cada intervalo de observación, la maquinaria se clasifica en una de las siguientes categorías (Rodríguez, 2020):

- **Trabajo productivo:** Actividades que contribuyen directamente al avance del proyecto.
- **Trabajo contributivo:** Actividades de apoyo que facilitan el trabajo productivo.
- **Trabajo no productivo:** Periodos de inactividad o actividades que no agregan valor.

El porcentaje de tiempo efectivo de trabajo P_{TE} se calcula sumando las proporciones de trabajo productivo y contributivo, como se observa en la ecuación 2.

$$P_{TE} = P_{productivo} + P_{contributivo} = \frac{n_{productivo} + n_{contributivo}}{N} \times 100 \quad 2$$

Donde:

- $n_{productivo}$ y $n_{contributivo}$ son el número de observaciones en cada categoría (Salazar, 2018).

El rendimiento esperado se calcula sumando la cantidad de trabajo realizado durante los intervalos productivos y contributivos en una hora, como se observa en la ecuación 3.

$$RE = \sum_{i=1}^n Q_i \quad 3$$

Donde:

- Q_i es la cantidad de trabajo realizado en el intervalo i ,

- n es el número total de intervalos productivos y contributivos en una hora.

El rendimiento real ajusta el rendimiento esperado por el factor de eficiencia para reflejar la capacidad real de trabajo, aplicando la ecuación 4.

$$RR = RE \times P_{TE} \quad 4$$

Este cálculo permite obtener una estimación más realista del rendimiento operativo (Arroyo & Alarcón, 2018).

Para complementar el análisis del rendimiento mediante Five Minutes Rating, la técnica Crew Balance es una herramienta eficaz que permite evaluar y optimizar la distribución y sincronización del trabajo entre las diferentes máquinas involucradas en el proyecto (Serpell & Verbal, 1990).

La técnica Crew Balance aplicada a maquinaria consiste en:

- Registrar el tiempo que cada máquina dedica a actividades específicas (tiempo productivo, contributivo y no productivo).
- Representar gráficamente estas actividades en cartas de barras o diagramas de Gantt donde cada barra representa la duración y secuencia de tareas de cada equipo.
- Identificar desbalances, tiempos muertos o esperas entre máquinas que afectan la productividad global.

2.6.1.4. Productos del objetivo 2

En cuanto a los productos para este segundo objetivo son los siguientes, un análisis de tiempos y movimientos de maquinaria para diversos procesos constructivos, este incluye un análisis cuantitativo del desempeño de la maquinaria en diferentes actividades, identificando tiempos efectivos de operación, tiempos improductivos y factores que afectan la eficiencia, además establece estándares de referencia en el rendimiento de cada equipo, permitiendo detectar oportunidades de optimización.

Finalmente, se realizó una matriz de problemáticas prioritarias, la cual permitió clasificar y jerarquizar los problemas detectados en la gestión de la maquinaria y equipo, según su impacto en la eficiencia operativa y nivel de prioridad. Además, facilitó la identificación de soluciones con base en criterios objetivos.

Para estructurar esta matriz, se empleó una adaptación del modelo GUT (Gravedad, Urgencia y Tendencia), metodología utilizada en el ámbito de la gestión de procesos y activos para priorizar problemas de manera sistemática (Revista Gestión, 2022). En la matriz aplicada, cada problemática identificada fue evaluada respecto a su gravedad (impacto potencial en la operación), urgencia (necesidad inmediata de atención) y tendencia (riesgo de agravamiento si no se interviene). Esta evaluación permitió asignarles un nivel de prioridad (muy alta, alta o media), y registrar el impacto en la eficiencia asociado.

La aplicación del modelo GUT favorece la toma de decisiones informada, transparente y estratégica, especialmente en contextos donde la adecuada gestión de maquinaria y equipo resulta fundamental para garantizar la productividad y el cumplimiento normativo (Odebrecht, 2025). La matriz de priorización obtenida

brindó, por tanto, una base sólida para el diseño de acciones correctivas y la asignación eficiente de recursos de mejora.

2.6.1.5. Objetivo 3

Para el tercer objetivo, este es el resultado del proceso desarrollado en los objetivos anteriores, siendo así que los productos esperados son; una metodología para la gestión de maquinaria y equipo en procesos constructivos, esta incluyó directrices para asegurar la mejora de la eficiencia de la maquinaria y equipo. Se realizaron herramientas y formatos estandarizados para la gestión de maquinaria y equipo, y finalmente un plan de acción para la implementación de la metodología. La construcción de esta metodología tuvo como eje de partida la matriz de problemáticas prioritarias, elaborada a partir del análisis de datos recogidos con instrumentos aplicados en campo. Dicha matriz permitió identificar con claridad las áreas más críticas de intervención, asegurando que cada componente de la metodología respondiera a necesidades reales y no a supuestos teóricos.

Capítulo 3: Resultados

La presente sección expone los principales resultados obtenidos a partir de la aplicación de los distintos instrumentos de recolección de información. Estos resultados corresponden al análisis de prácticas actuales, condiciones operativas y niveles de desempeño relacionados con la gestión de maquinaria y equipo en los proyectos ejecutados por la empresa Proycon S.A.

3.1. Objetivo 1

En esta sección se presentan los resultados obtenidos para el primer objetivo específico del proyecto. Para ello, se aplicaron diversos instrumentos de recolección de datos como entrevistas, recopilación bibliográfica y listas de verificación. Los resultados obtenidos permiten conocer el estado operativo de la maquinaria, identificar las principales deficiencias y reconocer las áreas de mejora necesarias para optimizar su gestión y uso en los procesos constructivos.

3.1.1. Aspectos normativos, técnicos y operativos

Con el propósito de cumplir con el primer objetivo específico, se llevó a cabo una entrevista al Ing. José Pablo García Sancho, jefe de Departamento de maquinaria, equipos y post venta de Proycon. La entrevista, realizada el 12 de marzo del 2025, abordó aspectos clave relacionados con la gestión, uso, normativas, mantenimiento, seguridad, desafíos y oportunidades de mejora en la gestión de maquinaria y equipo dentro de la empresa.

A continuación, se presenta un cuadro resumen de las respuestas obtenidas (Cuadro 3), las cuales permiten una comprensión detallada del estado actual de estos recursos y constituyen un insumo fundamental para el posterior análisis y desarrollo de la propuesta de mejora.

Cuadro 3

Resumen respuestas de aplicación de entrevista 1.1

Resumen de respuesta
<p style="text-align: center;">I. Gestión y Uso de Maquinaria</p> <p>El entrevistado, jefe del Departamento de Maquinaria, describió una evolución significativa en el parque de equipos de Proycon S.A., que pasó de contar solo con grúas torre y backhoes a una flota diversa que incluye grúas camión, manipuladores telescópicos, maquinaria para movimiento de tierras y equipos de elevación. La empresa aplica una política de vida útil de máximo seis años o 6000 horas por equipo, y mantiene un sistema de codificación que clasifica los equipos por tipo y función para facilitar su gestión.</p> <p>La asignación de maquinaria a proyectos comienza desde la etapa de presupuestación, donde se prevé la necesidad de equipos junto con el presupuesto del proyecto. Todo equipo que ingresa a obra debe presentar un historial de mantenimiento y es sometido a una inspección estándar al llegar, procedimiento que también aplica al retorno a plantel. No existe un protocolo formal de almacenamiento en obra, aunque sí se cuenta con infraestructura adecuada en plantel. Los trabajadores reciben capacitación previa a su ingreso en proyectos, con énfasis en seguridad y uso correcto de equipos.</p>
<p style="text-align: center;">II. Normativas y Estándares de Calidad</p> <p>Proycon opera bajo diversas normativas internacionales, especialmente para maquinaria de elevación y equipos de altura. Se asegura el cumplimiento de estándares como ANSI, OSHA, GB, NZS, C y EAC, según el tipo de equipo. Este cumplimiento es verificado antes de cada adquisición y se incluyen los requisitos técnicos en los procesos de licitación. Además, se realiza una planificación anual sobre compras, renovación de equipos y evaluación de proveedores, incluyendo reuniones con empresas de renting.</p> <p>También se dispone de una base documental con fichas técnicas y manuales de operación, a la que acceden los departamentos de ingeniería y salud ocupacional. La empresa ha migrado hacia equipos más sostenibles, incorporando motores Tier 3 para reducir emisiones y consumo.</p>
<p style="text-align: center;">III. Mantenimiento y Seguridad</p> <p>La empresa emplea mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo. Cuenta con mecánicos a tiempo completo, un taller físico y un taller móvil. Los equipos se monitorean diariamente con formularios digitales y, en el caso de los más nuevos, con sistemas conectados a celulares que permiten observar parámetros de operación. Se utilizan códigos QR para acceder rápidamente al historial del equipo, que incluye pólizas, facturas, hoja de vida, revisiones, averías, ingresos y egresos.</p> <p>Cada equipo está ligado a una carpeta digital con su número de activo interno. El monitoreo permite detectar fallas antes de que se materialicen, optimizando así la disponibilidad del equipo. Dado que ahora no es viable detener equipos durante largos periodos para mantenimiento, se han implementado turnos nocturnos con iluminación para no afectar el avance de obra.</p>

Cuadro 3. Resumen respuestas de aplicación de entrevista 1.1 (Continuación)

Resumen de respuesta

IV. Desafíos y Mejoras

Uno de los mayores retos surgió durante el proyecto Concord, cuya magnitud generó una demanda inesperada y nacional de equipos de elevación. Esta escasez obligó a compras de emergencia y alquileres a costos elevados. Incluso se creó la figura del “gestor de maquinaria por proyecto” para coordinar eficientemente los recursos.

La experiencia reveló la necesidad de hacer estudios de mercado previos con empresas de renting y proyecciones anuales más precisas de la demanda de equipos. Se identificaron también conflictos entre proyectos por disponibilidad de maquinaria, lo que derivó en la centralización del proceso de alquiler desde el departamento de maquinaria.

Entre las mejoras implementadas destacan el fortalecimiento del equipo técnico, la flexibilidad de horarios, la inversión en iluminación para mantenimientos nocturnos y el establecimiento de controles más estrictos sobre asignación y uso de equipos.

Como parte de la recopilación de información se brindó un listado con la maquinaria presente a ese momento en el proyecto, esta se observa en la Figura 4. Los equipos resaltados son los utilizados para el presente trabajo.

Figura 4

Maquinaria presente al día 12 de marzo del 2025 en proyecto Concord

CÓDIGO EQUIPO	TIPO	PROVEEDOR	DESCRIPCIÓN
4117	DIESEL	Alco	BRAZO NARANJA DINGLI 24M
4086	Eléctrica	ALCO	BRAZO ARTICULADO ELÉCTRICO 18M GEINIE
4037	Eléctrica	ALCO	ELEVADOR DE TIJERA GEINIE
4069	Eléctrica	Alco	BRAZO ARTICULADO ELÉCTRICO 14M
4125	DIESEL	Alco	BRAZO ARTICULADO 16M
4124	DIESEL	Alco	BRAZO ARTICULADO DINGLI 16M
4123	DIESEL	Alco	BRAZO ARTICULADO DINGLI 16M
4100	DIESEL	Alco	BRAZO ARTICULADO JLG 14M
4101	Eléctrica	ALCO	ELEVADOR DE TIJERA
4097	Eléctrica	ALCO	ELEVADOR DE TIJERA
APR203	Eléctrica	EUROMATERIALES	ELEVADOR DE TIJERA
2	Eléctrica	EQUIPRENTA	ELEVADOR DE TIJERA
8	Eléctrica	EQUIPRENTA	ELEVADOR DE TIJERA
4084	Eléctrica	ALCO	ELEVADOR DE TIJERA
APR214	DIESEL	EUROMATERIALES	BRAZO ARTICULADO JLG 14M
P2316	Eléctrica	PROYCON	BRAZO ARTICULADO ZOOMLION 16M
P2264	Eléctrico	PROYCON	BRAZO ARTICULADO ZOOMLION 20M
553	Eléctrica	PROYCON	BRAZO ELÉCTRICO SINOSBOOM DE 16MTS
P1973	DIESEL	PROYCON	MANIPULADOR TELESCÓPICO (CAFETERA)
P1758	DIESEL	VOLQUETE	VOLQUETE
3690	Eléctrica	EDIGNITON	ELEVADOR DE TIJERA
12	Eléctrica	GRUPO LEAL METALICA	GRAZO ELÉCTRICO DE 16M
13	Eléctrica	GRUPO LEAL METALICA	GRAZO ELÉCTRICO DE 16M
10	Eléctrica	GRUPO LEAL METALICA	GRAZO ELÉCTRICO DE 17M
0102	Eléctrica	PROYCON	ELEVADOR DE TIJERA
P1527	DIESEL	PROYCON	BACK HOE
33	Eléctrica	PROYCON	APILADOR (MONTACARGAS)

Nota: Elaboración Ing. Pablo García Sancho (2025)

Se identificó que los códigos asignados a los equipos no coinciden en todos los casos con los que mencionan los encargados en campo. Al consultar sobre esta discrepancia, se indicó que los equipos efectivamente están incluidos en la lista, pero que los operadores desconocen su código correspondiente. Una posible causa de esta situación es la ausencia de un sistema de etiquetado estándar y visible en cada equipo, lo cual dificulta su identificación adecuada durante las labores en obra.

En esta sección se presentan los resultados de la recopilación bibliográfica sobre las normativas nacionales e internacionales que regulan la gestión de maquinaria en la construcción. A continuación, se resumen las principales directrices y estándares que deben cumplirse para garantizar la seguridad y eficiencia en el uso de maquinaria en proyectos de construcción. La información recopilada proporciona un panorama claro de las normativas clave que influyen en la operación, mantenimiento y capacitación en la gestión de equipos.

3.1.2. Normativa nacional que regula la gestión de maquinaria y equipo.

En Costa Rica, la gestión de maquinaria y equipo en el sector de la construcción se encuentra regulada por diversas normativas nacionales. Una de ellas es el Decreto Ejecutivo N.º 40790-S-MTSS, conocido como el Reglamento General de Seguridad en Construcciones, el cual establece disposiciones tanto generales como específicas para garantizar la seguridad en las obras, incluyendo el uso de maquinaria pesada. Esta normativa exige que los empleadores capaciten y supervisen a los operadores de maquinaria, y que mantengan y revisen periódicamente los equipos para asegurar condiciones seguras de operación.

Otra normativa relevante es la Guía sobre Manejo Manual y Mecánico de Cargas emitida por el MTSS, la cual proporciona directrices para la manipulación adecuada de cargas, tanto de forma manual como con maquinaria. Su aplicación implica que las operaciones de manejo de cargas con maquinaria se realicen de manera segura, incluyendo medidas preventivas y procesos de capacitación dirigidos a los operarios.

Adicionalmente, el Código de Trabajo regula las condiciones laborales generales, incluyendo la seguridad en el uso de maquinaria. Esta normativa obliga a los empleadores a ofrecer condiciones laborales seguras y a garantizar el uso adecuado de la maquinaria, así como la capacitación continua de los operadores.

A partir de las observaciones realizadas en campo y la información recopilada durante el desarrollo del proyecto, se identificaron prácticas básicas orientadas al uso seguro de la maquinaria. No obstante, también se evidenció la ausencia de varios elementos que exige la normativa nacional, como documentación técnica accesible, protocolos estandarizados y registros sistemáticos de mantenimiento.

3.1.3. Normativa internacional que regula la gestión de maquinaria y equipo.

Existen diversas normativas internacionales que complementan la regulación nacional en la gestión de maquinaria y equipo. Entre ellas, se encuentra la norma *ANSI A92* del American National Standards Institute, que regula el diseño, mantenimiento y operación segura de plataformas móviles de trabajo. Su

cumplimiento garantiza el uso seguro de estos equipos, así como inspecciones periódicas y capacitación para los operadores.

La *ANSI B30*, también emitida por ANSI, abarca un conjunto de normas específicas para el uso seguro de grúas, polipastos y otros equipos de elevación. Estas normas se aplican principalmente en la operación, instalación y mantenimiento de este tipo de maquinaria.

En Estados Unidos, la norma *OSHA 1926 Subparte N* establece requisitos para el manejo seguro de equipos de izaje en construcción, promoviendo prácticas seguras en la operación de grúas y similares. Asimismo, la *OSHA 1926.451*, centrada en andamios, establece requisitos para la seguridad en su uso y en el de otros equipos alternativos de elevación, sustituyendo aquellos equipos que no cumplan con la certificación adecuada.

En el ámbito internacional, las normas chinas *GB Standards* definen criterios estructurales y de seguridad para maquinaria pesada, asegurando que los equipos importados cumplan estándares mínimos de calidad. Por su parte, la certificación *EAC* (Eurasian Conformity Mark) avala el cumplimiento de normas de seguridad y calidad en equipos utilizados en países de Europa del Este y Asia Central.

Finalmente, la norma internacional *ISO 9927-1:2013* define lineamientos para la inspección y el mantenimiento documentado de equipos durante todo su ciclo de vida, requiriendo revisiones periódicas que garanticen su funcionamiento seguro.

En relación con las normativas internacionales consideradas, se reconocen ciertos elementos operativos en el proyecto que coinciden con principios generales establecidos en los estándares revisados, tales como el uso adecuado de los equipos, la asignación de operadores responsables, la aplicación de elementos de protección personal y la conciencia sobre la necesidad de mantenimiento preventivo. Sin embargo, no se observó la implementación completa de aspectos fundamentales como la planificación formal de inspecciones, el seguimiento estructurado del mantenimiento o la trazabilidad técnica del equipo.

3.1.4. Diagnóstico del estado operativo y condiciones actuales de la gestión de maquinaria y equipo

Los siguientes resultados corresponden a la lista de verificación-generalidades, utilizada para identificar los aspectos clave en la gestión de maquinaria de la empresa. La lista abarca dos áreas principales: la organización y gestión de los equipos, y el almacenamiento y resguardo del equipo. Cada uno de los ítems permite identificar las prácticas actuales implementadas por la empresa en relación con la gestión, uso y el mantenimiento de la maquinaria, así como las condiciones de almacenamiento y seguridad del equipo. Los resultados presentados en la Figura 5, proporcionan una visión general del estado actual de la gestión de maquinaria de la empresa. Se observa que en su mayoría existe un alto porcentaje de cumplimiento siendo este del 80%.

Figura 5

Resultado Lista de verificación-generalidades

Lista de verificación - Generalidades	Sí	No	Observaciones
I. Organización y Gestión			
¿Se nota una administración ordenada de la maquinaria? (zonas de estacionamiento, rutas de acceso despejadas)		X	
¿Se observa supervisión o monitoreo del uso de la maquinaria?	X		
¿El equipo tiene un responsable asignado para su uso y mantenimiento?	X		Lo tiene, pero no es el que lo usa siempre
¿Existen procedimientos claros para la asignación y uso de los equipos en las obras?	X		Si, pero no se sigue al pie de la letra esa asignación
¿Se revisa el estado del equipo antes de cada uso?		X	No siempre, han sucedido situaciones como que el equipo se queda sin gasolina en media actividad
¿El equipo es entregado a los operadores con un control de verificación de su estado?	X		
II. Almacenamiento y Resguardo del equipo			
¿El equipo fuera de uso se almacena en un área designada y segura?		X	La hay, pero no se usa como se debería
¿Las condiciones de almacenamiento protegen al equipo de daños o deterioro? (cobertizos, lonas)	X		Se coloca un plástico, sobre este un geotextil y sobre esta arena, todo esto en el terreno, además de una barrera alrededor.
¿Existe un control de ingreso y salida del equipo almacenado?	X		
¿El equipo cuenta con medidas de seguridad para evitar robos o accesos no autorizados?	X		Se cuenta con seguridad privada las 24 horas del día.
¿El equipo se mantiene alejado de materiales combustibles o inflamables?	X		
¿El material de las superficies donde se almacena el equipo es adecuado para evitar daños?	X		
¿Se revisa el equipo cuando se entrega para asegurarse de que esté en buen estado?	X		
¿Se cuenta con un documento de registro de la entrega y revisión del equipo?	X		
¿El área de almacenamiento está limpia y libre de obstrucciones?	X		

Los resultados presentados a continuación corresponden a la aplicación de seis listas de verificación, las cuales tienen como principal objetivo evaluar el estado del equipo en campo como resultado de la implementación de las prácticas actuales de gestión de maquinaria. Cada instrumento fue diseñado con un enfoque específico para abarcar elementos como organización y control, almacenamiento y resguardo, condiciones operativas, cumplimiento de especificaciones por equipo, cumplimiento normativo y criterios de mantenimiento. En conjunto, estas listas permitieron identificar las prácticas actuales implementadas por la empresa, así como detectar áreas de mejora en términos de eficiencia, seguridad, trazabilidad y mantenimiento. Los resultados, se presentan en las Figuras 6 a 11. En cuanto al cumplimiento de los aspectos evaluados se observa que predomina el cumplimiento de los factores positivos siendo este de un 61%.

Figura 6

Resultado Lista de verificación-especificaciones por equipo (0518)

Lista de verificación - Especificaciones por equipo	Sí	No	Observaciones
I. Identificación y Estado del Equipo			
¿El equipo tiene identificación visible? (placa, código, etiqueta)	X		
¿Se encuentra en condiciones operativas? (sin daños evidentes)	X		
¿Está limpio y libre de residuos?		X	Sucio debido al tipo de trabajo
II. Disponibilidad y Uso			
¿El equipo está disponible para su uso?	X		
¿Se encuentra ubicado en la zona correcta de operación?		X	
¿Se observa un uso adecuado y seguro del equipo por parte del operador?		X	Operador no hace revisión de que la zona esté despejada de trabajadores
¿Se hace uso del EPP adecuado para operar el equipo?		X	Solo usa chaleco y protección auditiva
III. Mantenimiento y Seguridad			
¿El equipo tiene registros de mantenimiento a la vista? (pegatinas, etiquetas, bitácoras)		X	
¿Se observan fugas de fluidos o desgaste en partes clave?	X		Muy sucio para determinar si equipo está manchado de aceite o es tierra, y hay desgaste en llantas
¿Los dispositivos de seguridad están en buen estado? (luces, alarmas)	X		
¿El operador cuenta con equipo de protección personal?		X	Solo usa chaleco y protección auditiva

Figura 7

Resultado Lista de verificación-especificaciones por equipo (1758)

Lista de verificación - Especificaciones por equipo	Sí	No	Observaciones
I. Identificación y Estado del Equipo			
¿El equipo tiene identificación visible? (placa, código, etiqueta)		X	
¿Se encuentra en condiciones operativas? (sin daños evidentes)	X		
¿Está limpio y libre de residuos?		X	Debido a tipo de trabajo se encuentra sucio
II. Disponibilidad y Uso			
¿El equipo está disponible para su uso?	X		
¿Se encuentra ubicado en la zona correcta de operación?	X		
¿Se observa un uso adecuado y seguro del equipo por parte del operador?	X		
¿Se hace uso del EPP adecuado para operar el equipo?	X		
III. Mantenimiento y Seguridad			
¿El equipo tiene registros de mantenimiento a la vista? (pegatinas, etiquetas, bitácoras)		X	
¿Se observan fugas de fluidos o desgaste en partes clave?		X	
¿Los dispositivos de seguridad están en buen estado? (luces, alarmas)	X		
¿El operador cuenta con equipo de protección personal?	X		

Figura 8

Resultado Lista de verificación-especificaciones por equipo (33)

Lista de verificación - Especificaciones por equipo	Sí	No	Observaciones
I. Identificación y Estado del Equipo			
¿El equipo tiene identificación visible? (placa, código, etiqueta)		X	
¿Se encuentra en condiciones operativas? (sin daños evidentes)	X		
¿Está limpio y libre de residuos?		X	Debido a trabajos previos realizados estaba sucio
II. Disponibilidad y Uso			
¿El equipo está disponible para su uso?	X		
¿Se encuentra ubicado en la zona correcta de operación?		X	Se menciona que lo movieron sin notificar al operador encargado
¿Se observa un uso adecuado y seguro del equipo por parte del operador?	X		
¿Se hace uso del EPP adecuado para operar el equipo?	X		
III. Mantenimiento y Seguridad			
¿El equipo tiene registros de mantenimiento a la vista? (pegatinas, etiquetas, bitácoras)		X	
¿Se observan fugas de fluidos o desgaste en partes clave?		X	
¿Los dispositivos de seguridad están en buen estado? (luces, alarmas)	X		
¿El operador cuenta con equipo de protección personal?	X		

Figura 9

Resultado Lista de verificación-especificaciones por equipo (1973)

Lista de verificación - Especificaciones por equipo	Sí	No	Observaciones
I. Identificación y Estado del Equipo			
¿El equipo tiene identificación visible? (placa, código, etiqueta)		X	
¿Se encuentra en condiciones operativas? (sin daños evidentes)	X		
¿Está limpio y libre de residuos?	X		
II. Disponibilidad y Uso			
¿El equipo está disponible para su uso?	X		
¿Se encuentra ubicado en la zona correcta de operación?	X		
¿Se observa un uso adecuado y seguro del equipo por parte del operador?		X	No se hizo revisión de que la zona estaba despejada de trabajadores (zona concurrida)
¿Se hace uso del EPP adecuado para operar el equipo?		X	Solo usaba chaleco
III. Mantenimiento y Seguridad			
¿El equipo tiene registros de mantenimiento a la vista? (pegatinas, etiquetas, bitácoras)		X	
¿Se observan fugas de fluidos o desgaste en partes clave?		X	
¿Los dispositivos de seguridad están en buen estado? (luces, alarmas)	X		
¿El operador cuenta con equipo de protección personal?		X	Solo usaba chaleco

Figura 10

Resultado Lista de verificación-especificaciones por equipo (6081)

Lista de verificación - Especificaciones por equipo	Sí	No	Observaciones
I. Identificación y Estado del Equipo			
¿El equipo tiene identificación visible? (placa, código, etiqueta)		X	
¿Se encuentra en condiciones operativas? (sin daños evidentes)	X		
¿Está limpio y libre de residuos?	X		Se limpió antes de usar
II. Disponibilidad y Uso			
¿El equipo está disponible para su uso?	X		
¿Se encuentra ubicado en la zona correcta de operación?		X	
¿Se observa un uso adecuado y seguro del equipo por parte del operador?	X		
¿Se hace uso del EPP adecuado para operar el equipo?	X		
III. Mantenimiento y Seguridad			
¿El equipo tiene registros de mantenimiento a la vista? (pegatinas, etiquetas, bitácoras)		X	
¿Se observan fugas de fluidos o desgaste en partes clave?		X	
¿Los dispositivos de seguridad están en buen estado? (luces, alarmas)	X		
¿El operador cuenta con equipo de protección personal?	X		

Figura 11

Resultado Lista de verificación-especificaciones por equipo (ZA20)

Lista de verificación - Especificaciones por equipo	Sí	No	Observaciones
I. Identificación y Estado del Equipo			
¿El equipo tiene identificación visible? (placa, código, etiqueta)		X	
¿Se encuentra en condiciones operativas? (sin daños evidentes)	X		
¿Está limpio y libre de residuos?	X		
II. Disponibilidad y Uso			
¿El equipo está disponible para su uso?	X		
¿Se encuentra ubicado en la zona correcta de operación?		X	
¿Se observa un uso adecuado y seguro del equipo por parte del operador?	X		
¿Se hace uso del EPP adecuado para operar el equipo?	X		
III. Mantenimiento y Seguridad			
¿El equipo tiene registros de mantenimiento a la vista? (pegatinas, etiquetas, bitácoras)		X	
¿Se observan fugas de fluidos o desgaste en partes clave?		X	
¿Los dispositivos de seguridad están en buen estado? (luces, alarmas)		X	Sin sonido, solo luz
¿El operador cuenta con equipo de protección personal?	X		

Durante las visitas al proyecto se observa que, en términos generales, la organización y gestión se mantienen en buen estado; sin embargo, se identifican algunas deficiencias. A pesar de que cada equipo cuenta con un responsable asignado, este no siempre está al tanto del uso de la maquinaria, lo que permite que varios operadores la utilicen sin que el encargado conozca siquiera su ubicación al final de la jornada. Además, no se realizan revisiones del equipo antes de su uso. En cuanto al almacenamiento y resguardo, aunque existen zonas designadas, estas no se utilizan correctamente, por lo que la mayoría de los equipos quedan dispersos en distintas áreas del proyecto hasta su próximo uso. En las Figuras 11 y 12 se observan algunos casos de las situaciones mencionadas anteriormente.

Figura 12

Equipo aparcado en zona de bodega



Figura 13

Equipo resguardado dentro de proyecto



En cuanto a la identificación y el estado del equipo, se observó que la mayoría de las máquinas no contaban con ninguna identificación visible ni con registros de mantenimiento accesibles. En términos de disponibilidad y uso, esta sección se encuentra en buen estado; sin embargo, un monitor señaló que los

equipos ZA20 y 6081 no se encontraban en la zona asignada al inicio de la jornada. En las Figuras 14 a 19 se aprecian los equipos evaluados.

Figura 14

Imagen de retroexcavadora (0518)



Figura 15

Imagen de volquete pequeño (1758)



Figura 16

Imagen de montacargas (33)



Figura 17

Imagen de telehandler (1973)



Figura 18

Imagen de scissor (6081)

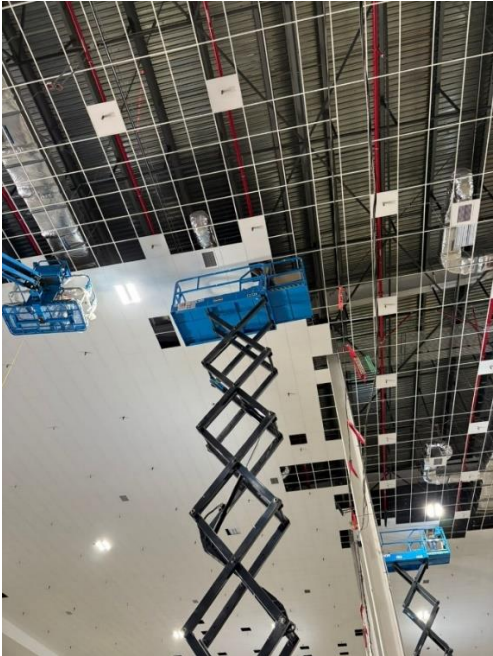


Figura 19

Imagen de brazo articulado (ZA20)



La exposición detallada del diagnóstico de maquinaria y equipo se desarrolla en el capítulo de análisis de resultados, donde se interpretan los hallazgos y se valoran las condiciones identificadas a partir de la información recopilada.

3.2. Objetivo 2

En este objetivo, se busca analizar las condiciones operativas y los factores que influyen en el rendimiento de la maquinaria. El análisis de estos factores es crucial para identificar los aspectos críticos que afectan la eficiencia y efectividad de los equipos en uso. A través de este análisis, se pretende obtener información detallada sobre las condiciones operativas y los factores técnicos que impactan directamente en el rendimiento de la maquinaria, lo cual permitirá desarrollar estrategias para mejorar la gestión y el aprovechamiento de los recursos en las obras.

3.2.1. Factores que afectan el rendimiento de la maquinaria y elementos críticos en su gestión operativa

A continuación, se presenta un cuadro resumen de los resultados de la entrevista 2.1 (Cuadro 4), realizada al gestor de maquinaria del proyecto Concord, el Adm. Ervin Vargas, aplicada el día 24 de abril del 2025. La entrevista cubrió aspectos clave como la disponibilidad de equipo, el mantenimiento, la organización en la asignación y almacenamiento de la maquinaria, y las sugerencias de mejora. Los resultados reflejan los principales desafíos y áreas de oportunidad en la gestión de maquinaria, proporcionando información crucial para mejorar la eficiencia y efectividad en el manejo de los equipos en la obra.

Cuadro 4

Resumen respuestas de aplicación de entrevista 2.1

Resumen de respuesta
I. Disponibilidad y estado de la maquinaria
Los principales problemas identificados en la maquinaria y equipos incluyen fallas recurrentes, desgaste por uso prolongado, y algunas unidades que no cumplen con los requerimientos actuales de los proyectos. Se reconoce que, aunque se dispone de un número aceptable de equipos, en ocasiones se presentan limitaciones en disponibilidad, especialmente en actividades simultáneas. Las causas más comunes por las que una máquina queda fuera de servicio son la falta de mantenimiento preventivo, fallas mecánicas no previstas y demoras en la reparación por falta de repuestos.
II. Mantenimiento y reparaciones
Se señala que el mantenimiento es principalmente reactivo; es decir, se actúa cuando ya ocurre la falla, y no de forma planificada. Las principales dificultades para ejecutar el mantenimiento adecuado son la falta de repuestos en inventario, limitaciones presupuestarias, escasez de personal especializado y retrasos en la programación de los servicios. Para reparaciones urgentes, se recurre a mecánicos externos o se hace un reacomodo de equipos para evitar atrasos, aunque esto no siempre resulta eficiente.

Cuadro 4. Resumen respuestas de aplicación de entrevista 2.1 (Continuación)
Resumen de respuesta
III. Organización y gestión de maquinaria
La asignación de maquinaria se realiza de forma prioritaria según las necesidades del proyecto, aunque sin una herramienta sistematizada, lo que genera cuellos de botella en ocasiones. La entrada y salida de equipos en obra no siempre sigue un procedimiento formalizado, y depende en gran medida de la experiencia del encargado. Respecto al almacenamiento, algunos equipos se mantienen organizados, pero en general se identifica falta de orden y espacios adecuados para su resguardo, lo que podría generar daños o pérdidas.
IV. Sugerencias de mejora
Se proponen varias acciones: implementar un sistema digital para la gestión de equipos, establecer un plan de mantenimiento preventivo y correctivo con cronograma definido, capacitar al personal encargado del manejo de maquinaria, crear un inventario de repuestos críticos y mejorar las condiciones de almacenamiento. También se sugiere realizar auditorías internas periódicas para evaluar el estado y uso de los equipos.

Como parte del segundo objetivo específico, se aplicó también un instrumento estructurado de entrevista a un grupo de colaboradores operativos. El propósito fue recopilar información directa desde el campo sobre aspectos clave relacionados con la disponibilidad, estado, mantenimiento, gestión y uso cotidiano de la maquina en obra.

El cuestionario, de tipo cerrado con opción de observaciones abiertas, fue diseñado, para obtener datos consistentes y comparables entre los distintos entrevistados. En total, se aplicaron siete entrevistas individuales, esto debido a que un operador más se ofreció a realizar la entrevista. Los resultados obtenidos permiten identificar patrones, debilidades y oportunidades de mejora desde la experiencia práctica de los usuarios directos de los equipos.

A continuación, se presentan los principales hallazgos organizados por eje temático (Cuadro 5):

Cuadro 5

Resumen respuestas de aplicación de entrevista 2.2

Disponibilidad y estado de la maquinaria					
¿Siempre hay máquinas cuando las necesita?	Sí		No	Sin respuesta	
	5		2	0	
¿Las máquinas funcionan bien la mayor parte del tiempo?	Sí		No	Sin respuesta	
	7		0	0	
¿Qué problemas ha visto en el mantenimiento de las máquinas?	No se les da mantenimiento a tiempo	Faltan repuestos	Se dañan seguido por mal uso	Otro	Sin respuesta
	3	0	1	1	2
Mantenimiento y reparaciones					
¿Tiene que seguir un proceso cuando una máquina se daña mientras trabaja?	Sí		No	Sin respuesta	
	4		3	0	
¿La empresa le indicó en qué momento un equipo se considera dañado y es necesario reportarlo?	Sí		No	Sin respuesta	
	6		1	0	

Cuadro 5. Resumen respuestas y estado de la maquinaria (Continuación)			
Organización y gestión de maquinaria			
¿Le ha tocado usar una máquina dañada porque no había otra disponible?	Sí	No	Sin respuesta
	1	6	0
¿Existe un sistema para saber quién usa cada máquina?	Sí	No	Sin respuesta
	7	0	0
¿Las máquinas están siempre en su lugar al llegar a utilizarlas?	Sí	No	Sin respuesta
	3	4	0

3.2.2. Evaluación del desempeño operativo a partir de tiempos y movimientos de maquinaria

Con el propósito de analizar el desempeño real de la maquinaria y equipo utilizado en diversas actividades constructivas, se recopiló información de campo relacionada con tiempos efectivos de operación y volumen de trabajo ejecutado. A continuación (Tablas 1 a 6), se presentan los resultados de la toma de rendimientos permitiendo identificar los niveles de productividad alcanzados por cada tipo de equipo en función de la tarea ejecutada.

Tabla 1

Resumen toma de rendimientos Retroexcavador 0518

Conteo General		
Tipo de Trabajo	Cantidad de observaciones	Porcentaje (%)
Productivo	14	58%
Contributivo	7	29%
No Productivo	3	13%
TOTAL	24	100%
Rendimiento		
Tiempo efectivo (PTE)	88%	
Rendimiento esperado (RB)	1,88	m ³ /h
Rendimiento real (RN)	1,65	m ³ /h

Tabla 2

Resumen toma de rendimientos Volquete 3T 1758

Conteo General		
Tipo de Trabajo	Cantidad de observaciones	Porcentaje (%)
Productivo	15	50%
Contributivo	11	37%
No Productivo	4	13%
TOTAL	30	100%
Rendimiento		
Tiempo efectivo (PTE)	87%	
Rendimiento esperado (RB)	3,52	m ³ /h
Rendimiento real (RN)	3,06	m ³ /h

Tabla 3*Resumen toma de rendimientos Montacargas 33*

Conteo General		
Tipo de Trabajo	Cantidad de observaciones	Porcentaje (%)
Productivo	16	64%
Contributivo	4	16%
No Productivo	5	20%
TOTAL	25	100%
Rendimiento		
Tiempo efectivo (PTE)	80%	
Rendimiento esperado (RB)	850,00	kg/h
Rendimiento real (RN)	731,00	kg/h

Tabla 4*Resumen toma de rendimientos Telehandler 1973*

Conteo General		
Tipo de Trabajo	Cantidad de observaciones	Porcentaje (%)
Productivo	11	31%
Contributivo	17	49%
No Productivo	7	20%
TOTAL	35	100%
Rendimiento		
Tiempo efectivo (PTE)	80%	
Rendimiento esperado (RB)	423,53	kg/h
Rendimiento real (RN)	338,82	kg/h

Tabla 5*Resumen toma de rendimientos Scissor 6081*

Conteo General		
Tipo de Trabajo	Cantidad de observaciones	Porcentaje (%)
Productivo	23	66%
Contributivo	7	20%
No Productivo	5	14%
TOTAL	35	100%
Rendimiento		
Tiempo efectivo (PTE)	86%	
Rendimiento esperado (RB)	41,17	m ² /h
Rendimiento real (RN)	35,40	m ² /h

Tabla 6*Resumen toma de rendimientos Brazo articulado ZA20*

Conteo General		
Tipo de Trabajo	Cantidad de observaciones	Porcentaje (%)
Productivo	27	77%
Contributivo	4	11%
No Productivo	4	11%
TOTAL	35	100%
Rendimiento		
Tiempo efectivo (PTE)	89%	
Rendimiento esperado (RB)	31,76	m ² /h
Rendimiento real (RN)	28,27	m ² /h

A partir de las visitas realizadas al proyecto, se identificaron diversas situaciones, tanto durante la toma de rendimientos como en otras actividades en campo, que afectan la eficiencia del equipo. Entre estas se incluyen operadores distraídos por conversaciones ajenas a la actividad, tiempos de espera por instrucciones, descansos prolongados para ir al baño y demoras ocasionadas por la falta de preparación previa del material. Estas observaciones evidencian la necesidad de implementar medidas de organización y supervisión más estrictas para optimizar el rendimiento y la productividad del equipo en obra. En las Figuras 20 a 23, se observan algunos casos de estas situaciones.

Figura 20

Operador esperando instrucciones



Figura 21

A la espera del traslado de bobina a zona



Figura 22

Operador en a la espera de instrucciones



Figura 23

Operador en conversación ajena a la actividad



La interpretación de los resultados vinculados al segundo objetivo se presenta en el capítulo de análisis de resultados, donde se examinan de forma detallada las condiciones observadas y su efecto en el desempeño de la maquinaria.

3.3. Objetivo 3

El tercer objetivo comprende la elaboración de la propuesta metodológica para la gestión de maquinaria y equipo, esta se construyó de manera progresiva a partir de la información obtenida en el desarrollo de los objetivos específicos 1 y 2. Este proceso de construcción metodológica no fue inmediato ni aislado, sino que respondió a un trabajo de análisis sistemático que permitió convertir los hallazgos en directrices concretas. En el caso del primer objetivo, orientado a diagnosticar las condiciones actuales de la maquinaria y el equipo, se aplicaron entrevistas a personal clave, listas de verificación y revisión documental, lo cual permitió identificar el estado operativo de los equipos, las prácticas de mantenimiento, los procesos de asignación y el cumplimiento de normativas vigentes. Dichas herramientas garantizaron la obtención de información tanto cualitativa como cuantitativa, permitiendo una visión amplia y realista de la situación de la empresa. Los hallazgos de este diagnóstico evidenciaron debilidades en trazabilidad técnica, actualización de registros, protocolos de seguridad e inspecciones, información que sirvió como base para delimitar los principales problemas de gestión que debía atender la metodología y que, además, ofreció un panorama detallado de las limitaciones que afectan la eficiencia de los equipos.

En complemento, el segundo objetivo se centró en analizar factores que afectan el rendimiento de la maquinaria, aplicando instrumentos como el registro de tiempos y movimientos mediante técnica *Five Minutes Rating*, así como entrevistas a operadores y al encargado de la gestión a nivel proyecto. Estos insumos permitieron cuantificar la eficiencia operativa de los equipos evaluados en condiciones reales de obra, aportando indicadores concretos sobre el tiempo productivo, contributivo y no productivo de cada máquina. Asimismo, fue posible identificar limitaciones prácticas relacionadas con mantenimiento reactivo, baja disponibilidad en momentos de alta demanda y ausencia de protocolos claros ante fallos, factores que repercuten directamente en los plazos y costos de los proyectos. El cruce de estos resultados permitió detectar factores críticos que condicionan la productividad de los equipos, además permitió organizar los hallazgos en una matriz de problemáticas prioritarias, lo cual fue clave para el desarrollo de la metodología, ya que a partir de esta se abordaron las problemáticas en orden de prioridad en la metodología. Dicho enfoque otorgó un carácter estructurado a la propuesta, asegurando que los recursos de la empresa se enfocaran en resolver primero las debilidades más urgentes y de mayor impacto en la gestión

Con la información derivada de ambos objetivos se procedió a estructurar la metodología. Esta se diseñó como una herramienta integral que plantea procedimientos estandarizados de inspección, control y seguimiento. El desarrollo metodológico responde de forma directa a las deficiencias observadas en campo, integrando lineamientos técnicos, instrumentos de evaluación y acciones correctivas para optimizar la gestión de maquinaria en los proyectos de Proycon S.A. Así, la propuesta metodológica no surge como un producto abstracto, sino como la síntesis del diagnóstico y análisis realizado de los objetivos iniciales, sustentada en evidencia empírica y con un enfoque práctico orientado a la mejora continua.

Capítulo 4: Análisis de resultados

Una vez recopilados y sistematizados los datos obtenidos mediante los diversos instrumentos de recolección de información, se procede con el análisis de los resultados con el objetivo de identificar patrones, deficiencias y oportunidades de mejora en la gestión de maquinaria y equipo dentro de los proyectos ejecutados por la empresa Proycon S.A.

4.1. Objetivo 1

El análisis de los resultados presentado a continuación permite identificar las condiciones reales en campo, así como las fortalezas, deficiencias y oportunidades de mejora que impactan directamente en la eficiencia del uso de los equipos en los procesos constructivos.

4.1.1. *Análisis comparativo de enfoques operativos y estratégicos en la gestión de maquinaria*

Las entrevistas realizadas a los responsables de maquinaria de Proycon S.A. permiten identificar elementos clave en la gestión actual de los equipos, así como retos recurrentes y áreas de mejora. A partir del análisis comparativo se evidencian coincidencias importantes en cuanto a la planificación anticipada como estrategia esencial para garantizar la disponibilidad de maquinaria, especialmente en proyectos complejos como Concord. No obstante, ambos entrevistados coinciden en que los imprevistos operativos continúan afectando el desarrollo eficiente de las obras, ya sea por demanda no prevista o restricciones debido a certificaciones y normativas ambientales como LEED.

En cuanto al mantenimiento, se observa un enfoque complementario; mientras Pablo García describe un sistema robusto que incluye mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo respaldado por registros digitales y soporte móvil, Ervin Vargas señala restricciones prácticas en obra y limita sus procesos al mantenimiento por horómetro. Esto refleja diferencias entre una visión más estratégica y una más centrada en la operación diaria.

Sobre la organización de maquinaria, ambos destacan la existencia de sistemas de control, aunque con enfoques distintos: desde plataformas digitales y codificación interna hasta boletas físicas y asignación por zonas. En cuanto a cumplimiento normativo, la primera entrevista presenta un enfoque más formal, con referencia a certificaciones específicas, mientras que, en la segunda, el cumplimiento es más implícito, revelando una oportunidad para reforzar los controles estandarizados.

Finalmente, las propuestas de mejora se centran en fortalecer el control y seguimiento de equipos, y consolidar un sistema de gestión centralizada. Estas ideas coinciden en la necesidad de integrar herramientas tecnológicas con una operación más ordenada, combinando el seguimiento documental con eficiencia en el

campo. Estas discrepancias generan un impacto tanto a nivel empresarial como en la ejecución de los proyectos. Para la empresa, implican una disminución en la eficiencia de la gestión de los recursos, mayores costos operativos y dificultades para estandarizar procesos internos. En los proyectos, las consecuencias se reflejan en retrasos en la programación de actividades, uso ineficiente de la maquinaria y posibles sobrecostos que afectan la rentabilidad y la competitividad de la organización en futuros contratos. En la Figura 24, se aprecia esta comparación de forma gráfica por medio de un diagrama de Venn, esta muestra las coincidencias y diferencias en la gestión de maquinaria según las entrevistas realizadas al jefe del departamento (nivel corporativo) y al encargado de campo (nivel proyecto). La intersección destaca prácticas compartidas, mientras que los extremos revelan enfoques diferenciados en planificación, control, mantenimiento y normativa.

Figura 24

Análisis comparativo de entrevistas a encargados de maquinaria de Proycon S.A. y proyecto Concord.



Como parte del análisis del sistema actual de gestión de maquinaria y equipo, se realizó una comparación entre lo establecido en la normativa nacional e internacional y las prácticas reales identificadas en la empresa Proycon S.A. Este contraste se basó en la información recolectada a través de los diversos

instrumentos de recolección de información. El objetivo de esta sección es evaluar el grado de alineación entre las disposiciones normativas y la ejecución operativa, así como identificar brechas, buenas prácticas y oportunidades de mejora que permitan fortalecer la gestión de maquinaria en la empresa.

4.1.2. Contraste normativo: cumplimiento de estándares nacionales e internacionales en la gestión de maquinaria

El análisis de cumplimiento normativo permite evaluar en qué medida la gestión actual de la maquinaria en Proycon S.A. se ajusta a los requerimientos establecidos por la legislación nacional y por los estándares internacionales de seguridad y calidad. A continuación, se presentan los principales hallazgos.

4.1.2.1. Normativa nacional

La normativa costarricense, representada principalmente por el Reglamento General de Seguridad en Construcciones (Decreto Ejecutivo N.º 40790-S-MTSS) y por lineamientos del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social (MTSS) sobre el manejo mecánico de cargas, establece la obligación de que las empresas garanticen el uso seguro de la maquinaria mediante controles formales, inspecciones periódicas y protocolos de operación. No obstante, los hallazgos del diagnóstico revelan brechas importantes entre lo requerido por la normativa y la práctica operativa en obra.

Durante las visitas de campo se observó que la mayoría de los equipos no contaban con señalización técnica visible (como etiquetas de identificación, fechas de mantenimiento o datos de control operativo), ni con bitácoras accesibles que evidencien un historial formal de intervenciones. Esta ausencia de trazabilidad contradice la exigencia normativa de mantener registros sistemáticos y actualizados.

Además, en entrevistas realizadas a operarios y encargados de maquinaria, se indicó que el mantenimiento suele gestionarse con base en el horómetro o mediante reportes informales por falla, sin contar con un sistema digital o físico que estandarice su ejecución ni con un protocolo de revisión visible en obra. En varios casos se reportó también que no existen manuales técnicos o protocolos físicos disponibles para consulta del personal, lo cual debilita la capacidad de respuesta ante fallos o situaciones de riesgo.

Si bien los equipos observados en su mayoría se encontraban operativos y en condiciones aceptables, se identificaron casos específicos con deficiencias visibles, como alarmas sonoras inactivas o incompletas (ej. equipo ZA20), lo cual representa una afectación directa a la seguridad activa exigida por la normativa nacional.

4.1.2.2. Normativa internacional

Se consideraron como referencia las normas ISO 9927-1:2013, ANSI B30, OSHA 1926 Subparte N y Subparte 451, así como las regulaciones internacionales complementarias como ANSI A92, NZS/AS 2550, los GB Standards (China) y la certificación EAC. Estas normas establecen directrices específicas para el mantenimiento documentado, la seguridad activa, la trazabilidad del ciclo de vida de los equipos y las condiciones estructurales mínimas para maquinaria pesada. A partir de las entrevistas y la verificación en obra, se observó que, aunque existe una intención de cumplir con buenas prácticas operativas, no se aplica

un sistema formal de inspecciones periódicas ni existe evidencia de planes de mantenimiento preventivo estructurados. Tampoco se cuenta con un historial técnico completo de los equipos ni con documentación que permita verificar el cumplimiento continuo de los estándares establecidos en estas normativas. La gestión de fallos se realiza de forma reactiva, y no se identificaron protocolos visibles que guíen la actuación del personal ante situaciones de riesgo técnico.

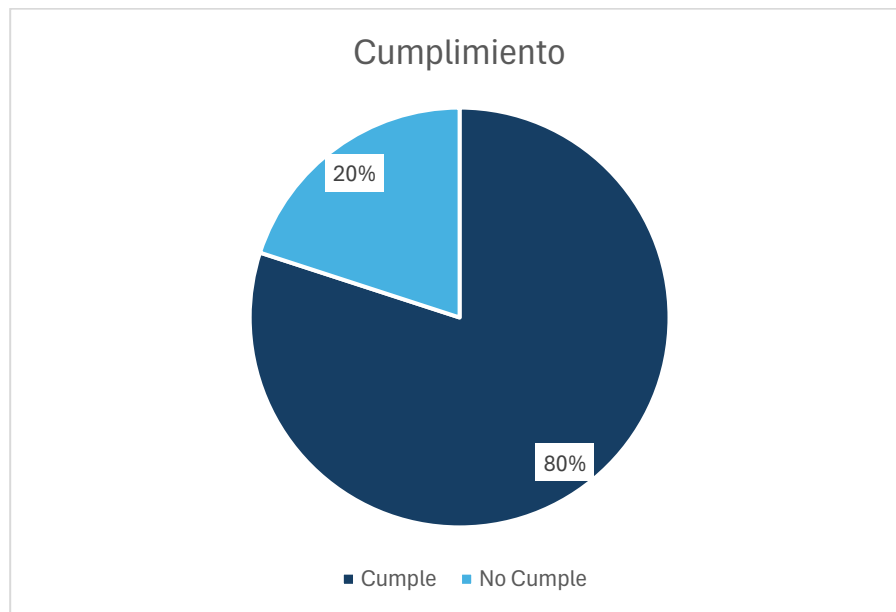
Si bien las normas como ANSI A92 o NZS/AS 2550 están orientadas a equipos específicos (plataformas móviles, grúas y elevadores), y otras como los GB Standards y la certificación EAC corresponden a contextos internacionales distintos, su inclusión en este estudio permite establecer una comparación de buenas prácticas internacionales que, aunque no aplican directamente en todos los casos, refuerzan la importancia de contar con mecanismos estructurados de inspección, documentación técnica y seguridad activa. La ausencia de estas herramientas revela una oportunidad clara de mejora frente a los estándares internacionales de referencia.

4.1.3. Cumplimiento en la gestión operativa de maquinaria en obra

Además del análisis comparativo realizado a partir de las entrevistas con los profesionales responsables, se llevó a cabo una evaluación visual en campo con el propósito de constatar directamente las prácticas de gestión de maquinaria implementadas por la empresa en un entorno real. Esta observación complementaria permitió obtener una perspectiva más integral sobre la condición actual del sistema de gestión. Los resultados derivados de la lista de verificación aplicada enfocada en aspectos generales de organización, control y almacenamiento se presentan en la Figura 25.

Figura 25

Distribución porcentual del cumplimiento general en la lista de verificación de gestión de maquinaria.



El resultado muestra que el 80% de los ítems evaluados se cumplen, mientras que un 20% presenta incumplimientos relevantes. Entre los aspectos que se cumplen se destacan la existencia de responsables asignados, el uso de medidas de seguridad como vigilancia 24/7, y el mantenimiento de un entorno de almacenamiento ordenado. Sin embargo, se identificaron áreas de mejora importantes, como la revisión técnica del equipo antes de su uso, la aplicación formal de procedimientos de asignación, y el uso adecuado del área de almacenamiento, que, aunque existe, no se utiliza como fue diseñada. Estas debilidades, observadas también en los comentarios de campo, sugieren que los procedimientos están definidos pero su cumplimiento no es consistente, lo que genera riesgos como fallas operativas por falta de combustible o deterioro prematuro del equipo.

También se realizó una evaluación específica del estado de algunos equipos en operación dentro del proyecto, con el objetivo de determinar si las prácticas actuales de gestión de maquinaria se reflejan en su condición real en campo. Esta revisión consideró aspectos como limpieza, seguridad, identificación, ubicación y estado operativo. En la Figura 26 se presenta el nivel de cumplimiento alcanzado por cada equipo evaluado, permitiendo así valorar la coherencia entre la gestión administrativa y la realidad observada en obra. Siendo así que en la Figura 27, se aprecia que se obtuvo un 61% de cumplimiento en aspectos positivos y un 39% de condiciones no satisfactorias, como lo son la identificación visible, la ubicación del equipo y los registros de mantenimiento a la vista.

Figura 26

Nivel de cumplimiento por ítem en la verificación de especificaciones técnicas y operativas del equipo en obra.

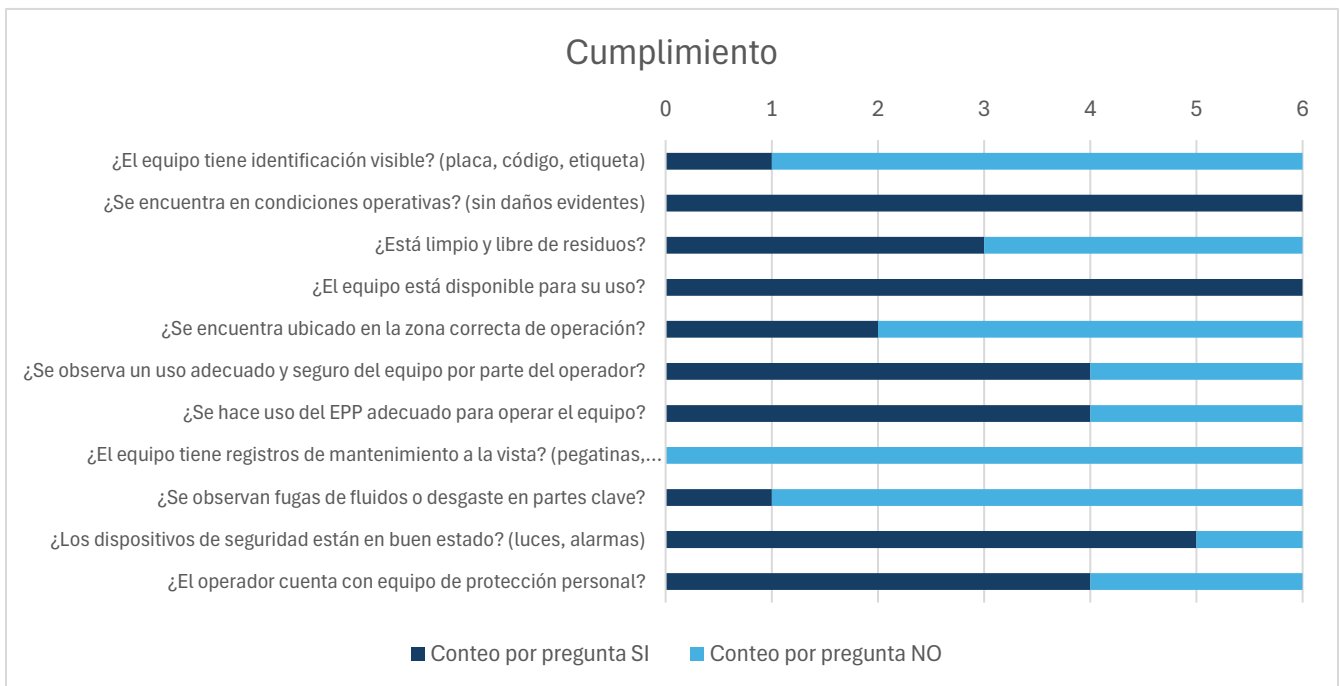


Figura 27

Porcentaje de Condiciones Operativas Favorables y Deficientes Detectadas en Obra.



Las gráficas evidencian que, si bien la mayoría de los equipos evaluados cumplen con criterios básicos de operatividad, disponibilidad y uso adecuado, existen aspectos críticos con bajos niveles de cumplimiento, particularmente en relación con la identificación visible del equipo, la documentación de mantenimiento y la seguridad operativa. Los ítems con mayor cumplimiento son:

- Estado operativo sin daños visibles
- Disponibilidad para el uso
- Limpieza general del equipo
- Uso adecuado del equipo por parte del operador
- Presencia de equipo de protección personal (EPP)

En cuanto a los ítems con menor cumplimiento están relacionados con la identificación visible del equipo, siendo así que ninguno de los equipos evaluados cuenta con placa, código o etiqueta identificadora, además se identificó que al no tener una etiqueta visible los códigos brindados por el personal en campo para realizar la observación del equipo no todos coinciden con los códigos en sistema, además en cuanto a la falta de registros de mantenimiento a la vista, no se encontraron etiquetas, pegatinas accesibles que evidenciaran revisiones recientes, en un caso las alarmas o luces estaban ausentes o no funcionaban correctamente, además se observaron posibles fugas o desgaste en piezas clave en uno de los equipos. Se incluye a los ítems de menor cumplimiento aspectos como la ubicación del equipo, lo que sugiere que, aunque las prácticas operativas básicas existen, no se aplican de forma consistente.

Aunque ambas evaluaciones, tanto por generalidades como por especificaciones, muestran un alto grado de cumplimiento, los resultados revelan que la coherencia entre gestión y condición no es plena.

Existen prácticas administrativas definidas, pero su implementación en campo es parcial, lo cual se refleja en deficiencias puntuales en trazabilidad, rotulación, seguridad y documentación técnica. Esta brecha entre lo planificado y lo ejecutado representa una oportunidad clave de mejora para cerrar el ciclo de gestión de maquinaria y fortalecer la cultura operativa dentro del proyecto.

Con el fin de profundizar en la interpretación de los hallazgos obtenidos durante el diagnóstico y orientar estratégicamente el diseño de la propuesta metodológica, se elaboró un análisis FODA que resume las principales fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas relacionadas con la gestión de maquinaria y equipo en la empresa. En este caso, las Fortalezas y Debilidades se definen como factores internos, que abarcan tanto aspectos administrativos como operativos, incluyendo lo observado en campo, por ser responsabilidad directa de la organización. Por su parte, las Oportunidades y Amenazas corresponden a factores externos, asociados al contexto del mercado de la construcción, como sus exigencias normativas, evolución tecnológica y dinámica competitiva. Esta clasificación permite tener una visión integral del estado actual de la gestión técnica, así como de los retos y posibilidades que influyen en su fortalecimiento. El análisis FODA se presenta en la Figura 28.

Figura 28

Análisis FODA de la gestión de maquinaria en obra



La gestión de maquinaria en Proycon S.A. presenta una base estructural funcional, con procedimientos generales establecidos para la asignación, uso y resguardo de los equipos, así como condiciones básicas de almacenamiento y seguridad. También se identifican esfuerzos iniciales en la

trazabilidad operativa, lo que evidencia una disposición organizacional para mantener el control y la seguridad en obra.

No obstante, el diagnóstico reveló debilidades significativas a nivel interno, como la falta de seguimiento riguroso a los procedimientos existentes, la supervisión técnica intermitente, la escasa trazabilidad documental del mantenimiento, y la ejecución inconsistente de la asignación de equipos. Estas debilidades limitan la eficiencia operativa y elevan el riesgo de fallas, tiempos improductivos y decisiones no informadas.

Desde un enfoque estratégico, el análisis externo evidencia oportunidades concretas para fortalecer la gestión de maquinaria, como el avance del sector hacia la digitalización, la demanda creciente por trazabilidad, y la posibilidad de posicionarse como empresa innovadora a través de la implementación de metodologías propias. Al mismo tiempo, se identifican amenazas derivadas del entorno competitivo del mercado de la construcción, como el incremento de exigencias normativas, la presión por eficiencia técnica y el riesgo de quedar rezagado frente a empresas que ya han adoptado sistemas automatizados de gestión. Estos factores refuerzan la urgencia de profesionalizar, sistematizar y alinear la gestión interna de maquinaria con las expectativas actuales del sector.

4.2. Objetivo 2

Esta sección presenta el análisis correspondiente al segundo objetivo específico del estudio, orientado a evaluar los factores que inciden en el rendimiento de la maquinaria utilizada en obra. A partir de datos cuantitativos obtenidos mediante mediciones en campo, así como del aporte cualitativo brindado por los operadores, se identifican los principales aspectos críticos que limitan la eficiencia operativa.

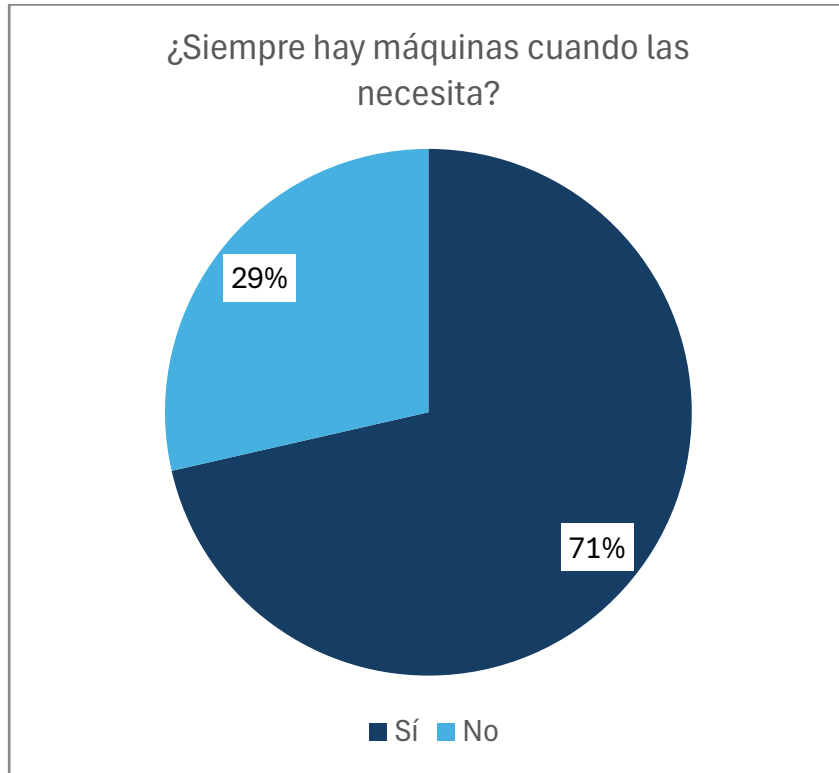
4.2.1. Análisis de eficiencia de sistema de gestión de maquinaria actual

El análisis presentado a continuación permite identificar los aspectos críticos que afectan la eficiencia de los equipos en obra, aportando insumos clave para proponer mejoras en la gestión y el aprovechamiento de estos recursos.

Como parte del análisis de los factores que afectan el rendimiento de la maquinaria, se realizaron entrevistas a operadores de equipos en obra. Estas entrevistas permitieron recopilar información directa desde la experiencia del personal que manipula la maquinaria a diario, abordando temas como disponibilidad, estado operativo, mantenimiento, tiempos muertos y condiciones del entorno. La información obtenida sirve como complemento a las mediciones técnicas y refuerza la identificación de los aspectos críticos que influyen en el desempeño real de los equipos en campo. A continuación, se presentan los principales resultados agrupados por categoría de análisis (Figuras 29 a 34)

Figura 29

Disponibilidad percibida de maquinaria por parte de los operadores



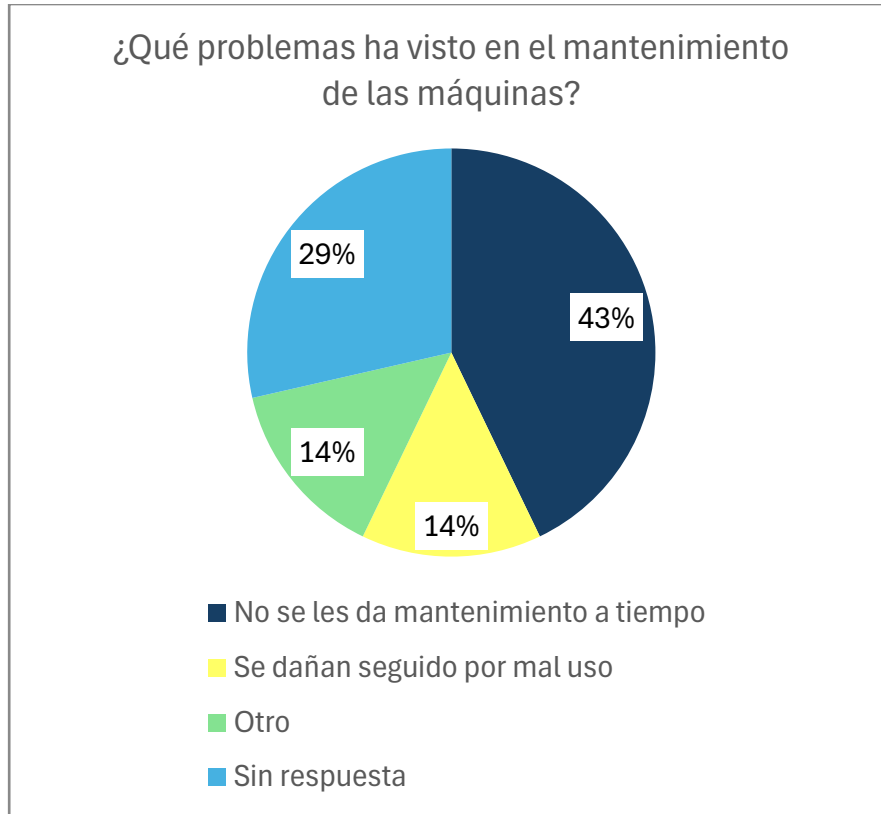
La proporción de respuestas negativas no es despreciable. 2 de los 7 operadores entrevistados indicaron haber enfrentado limitaciones de disponibilidad, lo cual representa un indicio claro de posibles fallos en la planificación, distribución o respuesta ante necesidades operativas urgentes.

Este hallazgo sugiere que, si bien la empresa ha logrado mantener un buen nivel de abastecimiento, persisten casos en los que la falta de maquinaria oportuna podría afectar la continuidad de las labores, siendo necesario reforzar el mecanismo de reserva, rotación o asignación anticipada de los equipos.

En relación con el funcionamiento de los equipos, el 100% de los operadores encuestados indicaron que funcionan bien la mayor parte del tiempo, lo que refleja una percepción altamente positiva sobre el desempeño operativo de la maquinaria. Este resultado sugiere que, desde la experiencia en campo, los equipos presentan un nivel de confiabilidad aceptable para cumplir con las tareas asignadas. No obstante, esa percepción debe contrastarse con otros indicadores técnicos, ya que un buen funcionamiento no siempre implica una gestión integral adecuada o preventiva. Aun así, este dato aporta evidencia de que la maquinaria disponible cumple su función de manera efectiva en el día a día de la obra.

Figura 30

Principales problemas percibidos en el mantenimiento de la maquinaria según los operadores

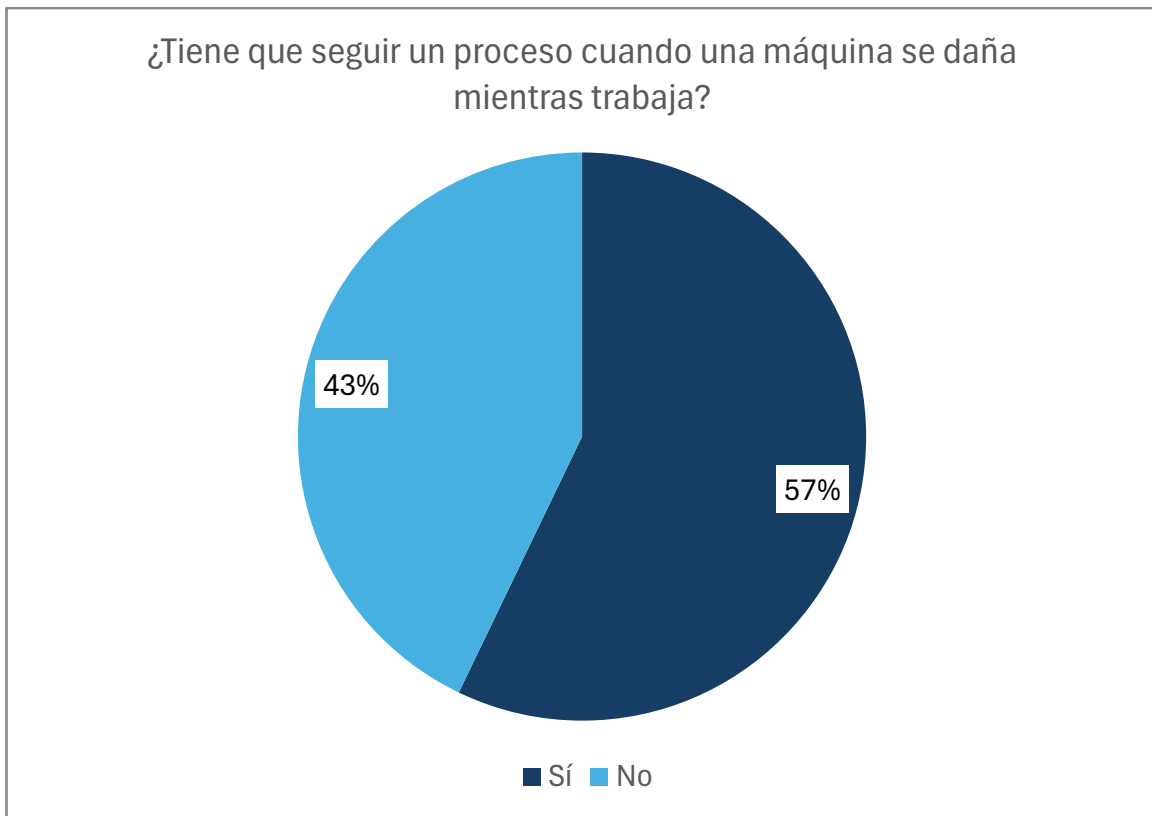


Los resultados muestran que el 43% de los operadores considera que el principal problema en el mantenimiento es la falta de atención oportuna, es decir, que no se realiza a tiempo. Este hallazgo se refuerza con la categoría de “Otro” (14%), donde los encuestados indicaron que deben esperar la llegada del técnico, lo cual sugiere una respuesta correctiva más que preventiva por parte del sistema de mantenimiento. A esto se suman un 14% que señala que las máquinas se dañan seguido por mal uso, lo cual puede estar vinculado a deficiencias en capacitación o supervisión. El 29% restante no respondió, lo que podría reflejar desconocimiento del sistema de mantenimiento de los equipos.

Estos resultados evidencian una percepción crítica en torno a los tiempos de respuesta y la planificación del mantenimiento, lo cual puede generar tiempos muertos, pérdida de productividad o incluso el uso de equipos en condiciones inadecuadas. La información sugiere la necesidad de reforzar el enfoque preventivo, mejorar la disponibilidad técnica y establecer protocolos más ágiles de atención en sitio.

Figura 31

Conocimiento del procedimiento a seguir ante fallos de maquinaria en operación

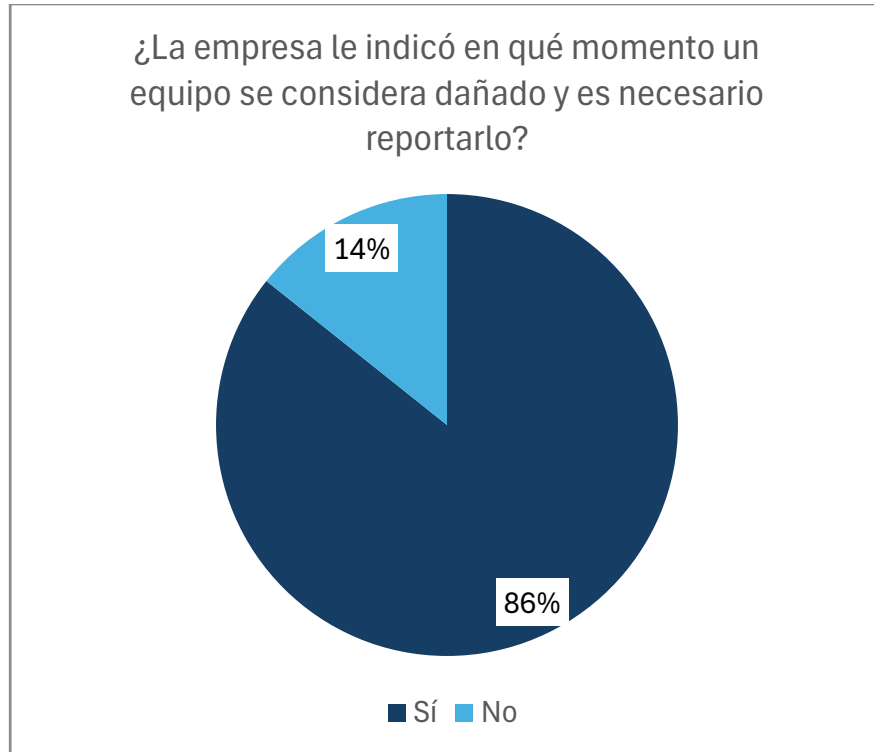


La mayoría de los operadores (57%) indica que sí existe un proceso que deben seguir cuando una máquina se daña durante su uso, mientras que un 43% afirma no conocer o no tener un procedimiento establecido para estos casos. Esta división refleja una falta de estandarización o comunicación clara de protocolos operativos, lo cual puede generar respuestas inconsistentes ante fallos, aumentando los tiempos de inactividad o el riesgo de uso inadecuado del equipo.

La ausencia de un procedimiento claro y conocido por todos los operarios representa una debilidad en la gestión del mantenimiento correctivo y en la capacitación del personal. Para garantizar una respuesta oportuna y segura ante fallos en plena operación, es fundamental que todo el personal conozca el procedimiento adecuado y esté entrenado para actuar bajo un protocolo común.

Figura 32

Conocimiento de los operadores acerca criterio para reporte de daños en equipo

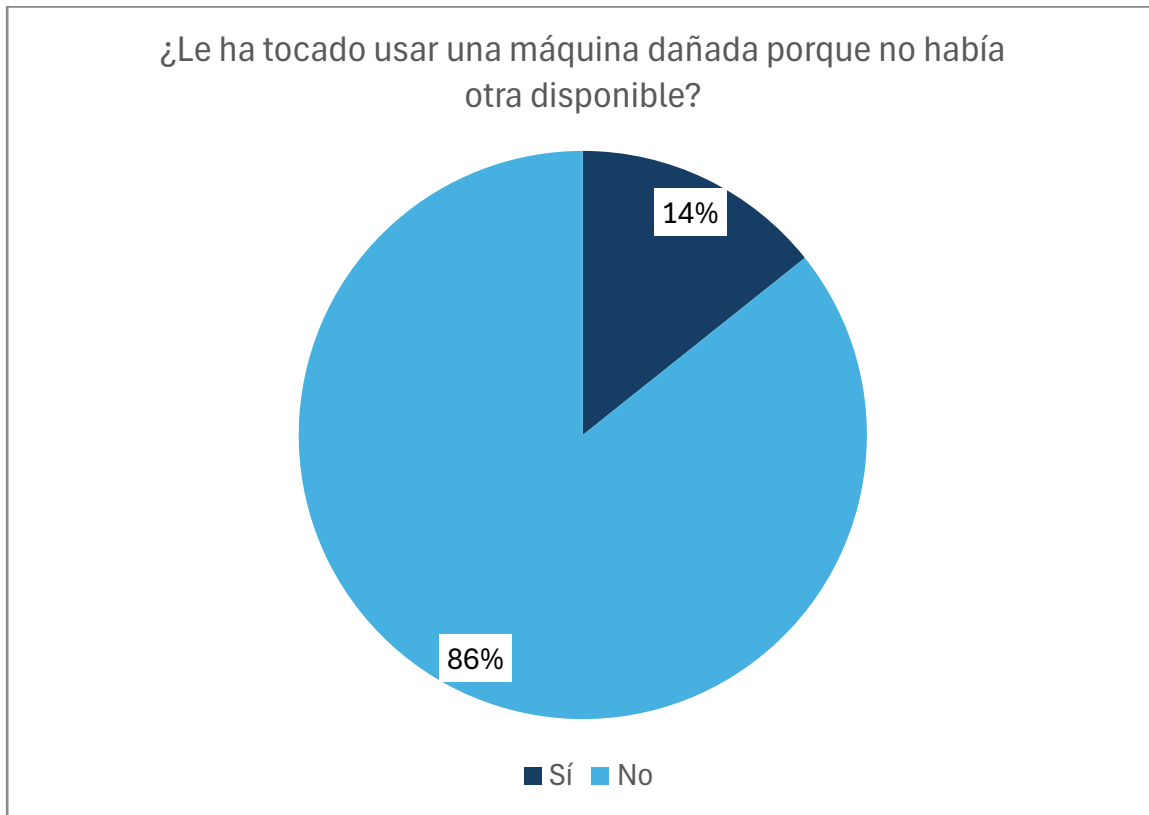


Los resultados muestran que el 86% de los operadores encuestados afirma haber recibido indicaciones claras por parte de la empresa sobre cuando un equipo debe considerarse dañado y reportarse, mientras que el 14% señala no haber recibido esta instrucción. Esta proporción de respuestas afirmativas sugiere que la mayoría del personal está al tanto de los criterios establecidos para el reporte de fallas, lo cual es positivo para la trazabilidad de eventos y la activación de procesos de mantenimiento.

No obstante, la presencia de un 14% que no ha recibido esa orientación evidencia una brecha comunicacional o falta de estandarización en la inducción del personal, especialmente si se considera que en otras figuras relacionadas como lo es la Figura 31, la respuesta fue menos homogénea. Esta inconsistencia podría comprometer la eficacia del sistema si los reportes no se realizan a tiempo o de forma adecuada.

Figura 33

Frecuencia con la que operadores deben usar maquinaria en mal estado por falta de disponibilidad



Según los resultados, el 86% de los operadores indica que no ha tenido que usar maquinaria en mal estado por falta de disponibilidad, mientras que un 14% señala que sí lo ha hecho. Si bien la mayoría afirma que esta situación no ocurre con frecuencia, el hecho de que al menos un operador haya recurrido al uso de maquinaria dañada revela un riesgo operativo relevante. Esto puede estar relacionado con una falta de equipos de respaldo o con deficiencias en los tiempos de respuesta del sistema de mantenimiento, tal como se evidenció en otras respuestas.

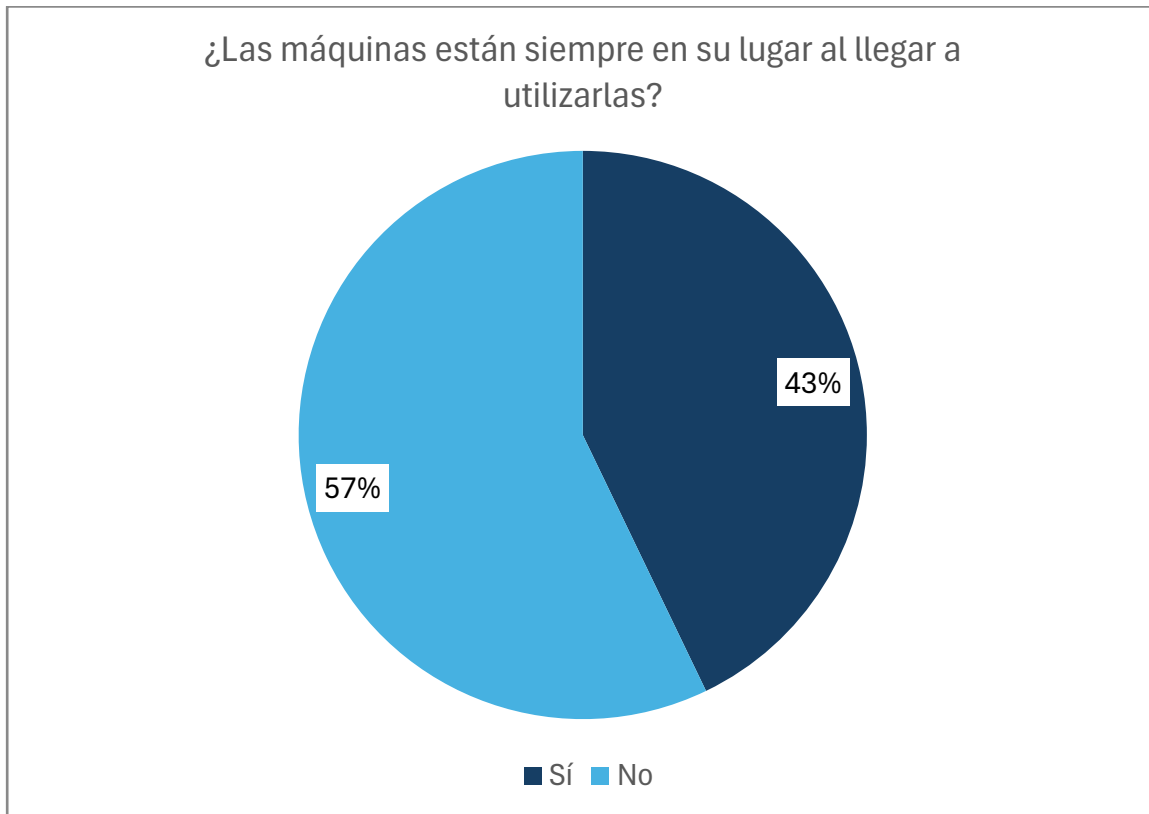
Este hallazgo refuerza la importancia de contar con una planificación eficiente en la rotación de maquinaria y una gestión preventiva efectiva, que permita reducir al mínimo los escenarios en los que se compromete la seguridad o el rendimiento por necesidad de uso de equipos no aptos. Además, es clave establecer canales claros para el reporte y reemplazo oportuno de equipos con fallas.

En cuanto a la existencia de un sistema de asignación de maquinaria, el 100% de los operadores encuestados afirmó que sí existe un sistema para saber quién utiliza cada máquina, lo que indica que la empresa cuenta con un mecanismo de asignación o registro de uso de maquinaria, incluso uno de los encuestados menciona que se realiza un permiso. Este resultado es muy positivo, ya que la trazabilidad en el uso de equipos es un elemento clave para el control, la seguridad y el mantenimiento.

No obstante, este resultado debe interpretarse junto con otras figuras que muestran que, aunque el sistema de asignación de maquinaria existe, no todos lo aplican correctamente, lo cual sugiere una posible brecha entre la existencia del sistema y su aprovechamiento integral en campo.

Figura 34

Ubicación de las máquinas en el lugar previsto según experiencia de los operadores



Los resultados indican que solo el 43% de los operadores afirma que las máquinas están siempre en su lugar al momento de necesitarlas, mientras que el 57% señala que no es así, además en la sección de observaciones 2 de los encuestados afirman que otros contratistas o personas diferentes al encargado de la máquina la mueven de lugar sin informar al respecto. Esta mayoría sugiere que existen problemas en la organización o control logístico de la ubicación del equipo, lo que puede generar pérdidas de tiempo, retrasos

en las tareas asignadas o incluso riesgos operativos si los equipos se dejan en zonas no autorizadas o inadecuadas.

Este hallazgo revela una inconsistencia en la gestión del almacenamiento o estacionamiento de maquinaria en obra, pese a que otros indicadores muestran que sí existe un sistema de asignación. La falta de cumplimiento o monitoreo del lugar de resguardo sugiere que el sistema actual no se aplica con suficiente rigurosidad, o bien que no hay una cultura operativa clara que refuerce el retorno de los equipos a sus ubicaciones designadas.

Se recomienda fortalecer las medidas de control sobre la localización de los equipos, implementar señalización en zonas de parqueo o rutas internas, y designar supervisores responsables del orden en el sitio.

Los resultados obtenidos a través de las respuestas del personal técnico en campo ofrecen una visión clara y complementaria sobre la experiencia operativa con respecto a la maquinaria utilizada en el proyecto. En conjunto, permiten identificar fortalezas del sistema, pero también brechas importantes que limitan la eficiencia y el control en la gestión de estos recursos.

Los resultados sugieren que la empresa cuenta con un sistema de gestión de maquinaria funcional en lo esencial, pero con una implementación parcial e inconsistencias operativas que deben ser atendidas. Las fortalezas actuales pueden servir como base para la mejora, pero es necesario reforzar la planificación del mantenimiento, la capacitación en protocolos de falla y la supervisión del orden operativo en obra, con el fin de consolidar un sistema más robusto, seguro y eficiente.

Las respuestas a la pregunta abierta sobre cómo mejorar el estado y el manejo de la maquinaria reflejan una preocupación común entre los operadores: la necesidad de fortalecer los procesos de revisión y mantenimiento preventivo. Cinco de las siete respuestas mencionan directamente la importancia de realizar inspecciones antes, durante y después del uso, así como la atención oportuna al mantenimiento para evitar fallos. Esto evidencia una conciencia operativa clara sobre la importancia del cuidado proactivo de los equipos, aunque también sugiere que actualmente dichos controles pueden no estarse aplicando con la rigurosidad deseada.

Una respuesta adicional plantea la necesidad de ampliar la flota de maquinaria, lo que puede interpretarse como una señal de que la limitada disponibilidad obliga al uso prolongado o inadecuado de ciertos equipos. Finalmente, aunque un operador no expresó observaciones, el conjunto de respuestas refuerza la necesidad de implementar protocolos más sistemáticos de revisión, aumentar la frecuencia del mantenimiento y mejorar la planificación de recursos para evitar desgaste prematuro y mejorar el rendimiento en obra.

4.2.2. Análisis cuantitativo de desempeño de maquinaria en obra.

A continuación (Figuras 35 a 53), se presenta el análisis de los resultados obtenidos mediante la aplicación del formato de medición de rendimiento para maquinaria, el cual fue utilizado en campo durante el desarrollo de actividades constructivas en el proyecto.

Los resultados obtenidos en la actividad de conformación de zona cerca del acceso al proyecto, llevada a cabo con una retroexcavadora, permiten evaluar el desempeño operativo del equipo a partir de observaciones de tiempo y cálculo de rendimientos. En la Figura 35, se presenta la distribución general del tiempo observado, categorizado en trabajo productivo, contributivo y no productivo. El 58% del tiempo correspondió a trabajo productivo, relacionado directamente con la ejecución de la tarea. El 29% fue clasificado como trabajo contributivo, correspondiente a traslados y revisiones, mientras que un 13% del tiempo se destinó a actividades no productivas, como pausas, espera por instrucciones o conversaciones ajenas al trabajo.

Figura 35

Productividad global de retroexcavador realizando la actividad de conformación de zona cerca de acceso a proyecto

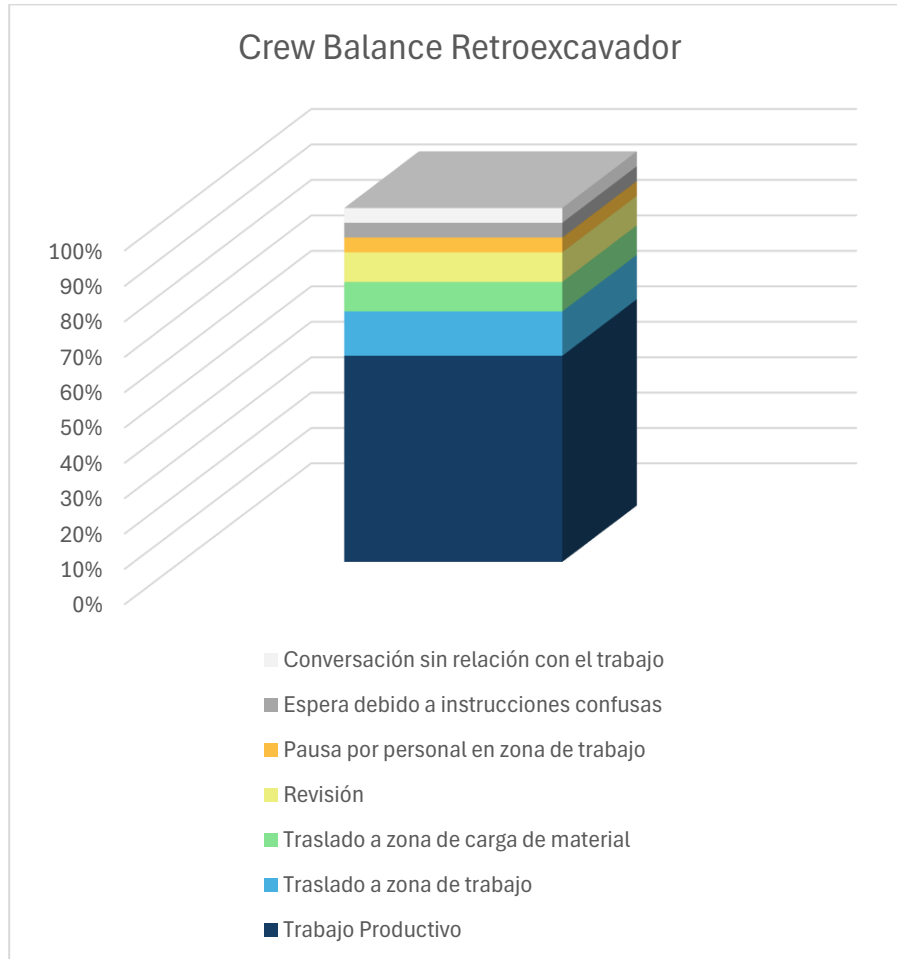


La Figura 36 detalla mediante un diagrama de barras Crew Balance la información permitiendo visualizar cada una de las actividades registradas durante la totalidad de las observaciones realizadas (24). En este se aprecia que el mayor número de ocurrencias corresponde al trabajo productivo, seguido por las tareas contributivas, entre las que destacan el traslado a zonas de trabajo y revisiones. Las categorías no productivas, aunque menos frecuentes, representan una porción relevante al considerar su impacto

acumulativo sobre la eficiencia del equipo. Este nivel de detalle permite identificar interferencias específicas que pueden ser abordadas mediante mejoras en la planificación operativa o en la comunicación en obra.

Figura 36

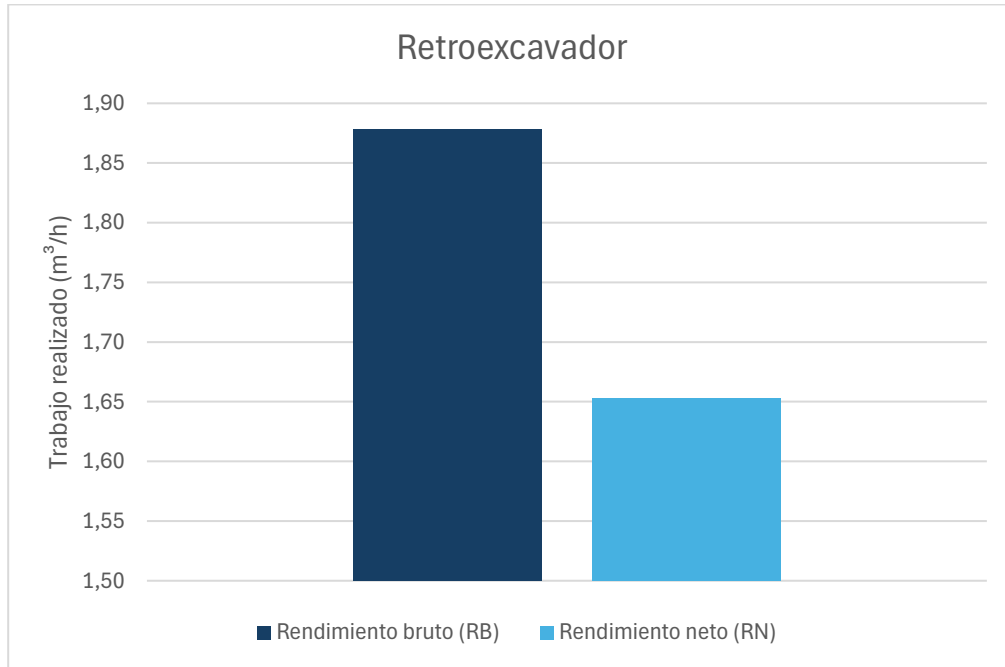
Crew Balance de retroexcavador



En términos de rendimiento, la Figura 37 compara gráficamente el rendimiento esperado y el rendimiento real del equipo. El rendimiento esperado registrado fue de 1,88m³/h, mientras que el rendimiento real, calculado a partir del tiempo efectivo (88%) fue de 1,65m³/h. Esta diferencia se explica directamente por la presencia de tiempos no productivos y contributivos durante la jornada observada. El gráfico evidencia que, aunque la eficiencia general del equipo es aceptable, existe un margen de mejora significativo si se logra reducir o eliminar las pausas no justificadas y optimizar los tiempos de traslado y preparación.

Figura 37

Rendimiento de retroexcavador

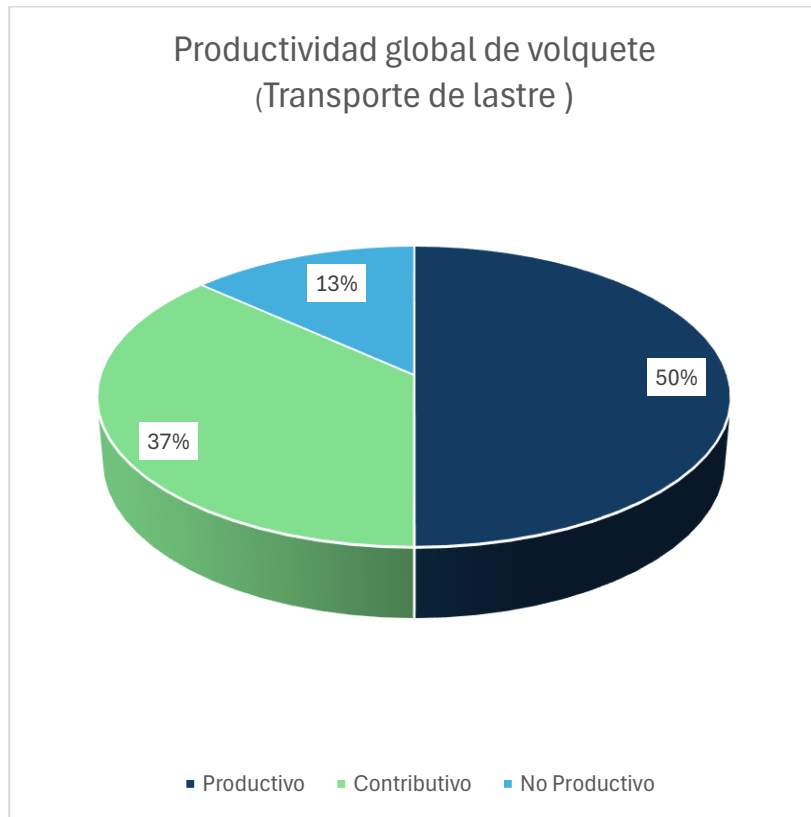


En conjunto, las figuras permiten interpretar de forma visual y cuantitativa el uso del tiempo y el desempeño del equipo. El análisis muestra que, si bien el trabajo productivo representa la mayor parte del tiempo, el 42% restante (contributivo y no productivo) representa una pérdida de potencial operativo. Esto sugiere la necesidad de fortalecer los mecanismos de planificación, mejorar la asignación de tareas, minimizar las interrupciones por falta de claridad en las instrucciones, y fomentar prácticas de control más rigurosas durante la operación del equipo. La reducción de estos factores permitirá incrementar el rendimiento real y, por ende, mejorar la eficiencia general en este tipo de actividades.

En el análisis del transporte de lastre mediante un volquete pequeño de 3 toneladas, los resultados obtenidos reflejan una eficiencia operativa moderada. Como se muestra en la Figura 38, el 50% del tiempo total registrado se dedicó a trabajo productivo, mientras que el 37% corresponde a actividades contributivas, y el 13% a tiempo no productivo. Esta distribución, aunque muestra un equilibrio aceptable, indicar que la mitad del tiempo de operación no está directamente generando avance físico en el proyecto, lo cual podría estar afectando negativamente la eficiencia general del proceso.

Figura 38

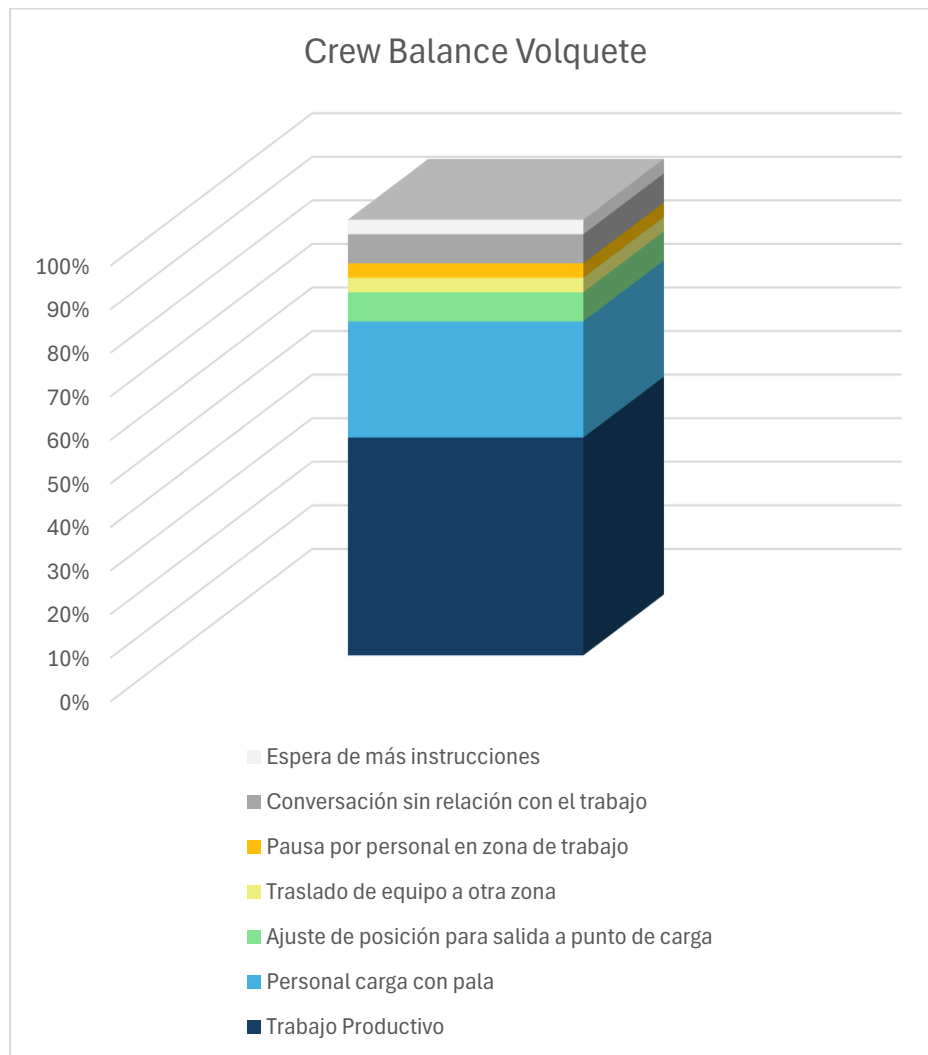
Productividad global de volquete realizando la actividad de transporte de lastre



La Figura 39 desglosa en detalle las actividades observadas. Dentro del trabajo contributivo destacan tareas como la carga manual con pala, lo que sugiere posible falta de equipos de carga automática o mecanizada., además se observan ajustes de posición y traslados entre zonas, lo cual evidencia tiempo considerable invertido en la logística de la operación y en la preparación para cada ciclo de carga. En el caso del tiempo no productivo, resaltan las conversaciones no relacionadas con la actividad y las pausas sin razón de peso, las cuales, aunque poco frecuentes, podrían evitarse mediante una mejor organización y supervisión.

Figura 39

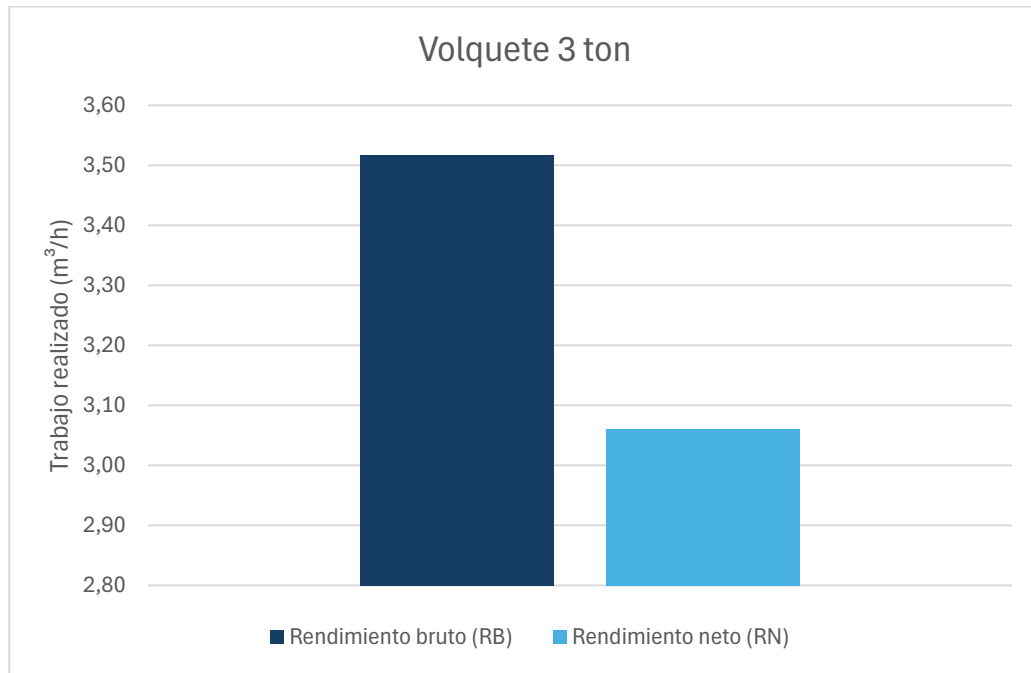
Crew Balance de volquete



En cuanto al rendimiento, la Figura 40 compara el rendimiento esperado (3,52m³/h) con el rendimiento real (3,06m³/h), reflejando una pérdida de aproximadamente el 13% debido a ineficiencias operativas. Este resultado corresponde con un tiempo efectivo de trabajo del 87%, que, aunque relativamente alto, confirma que aún existe margen para mejorar la gestión del recurso humano y la planificación de tareas.

Figura 40

Rendimiento de volquete

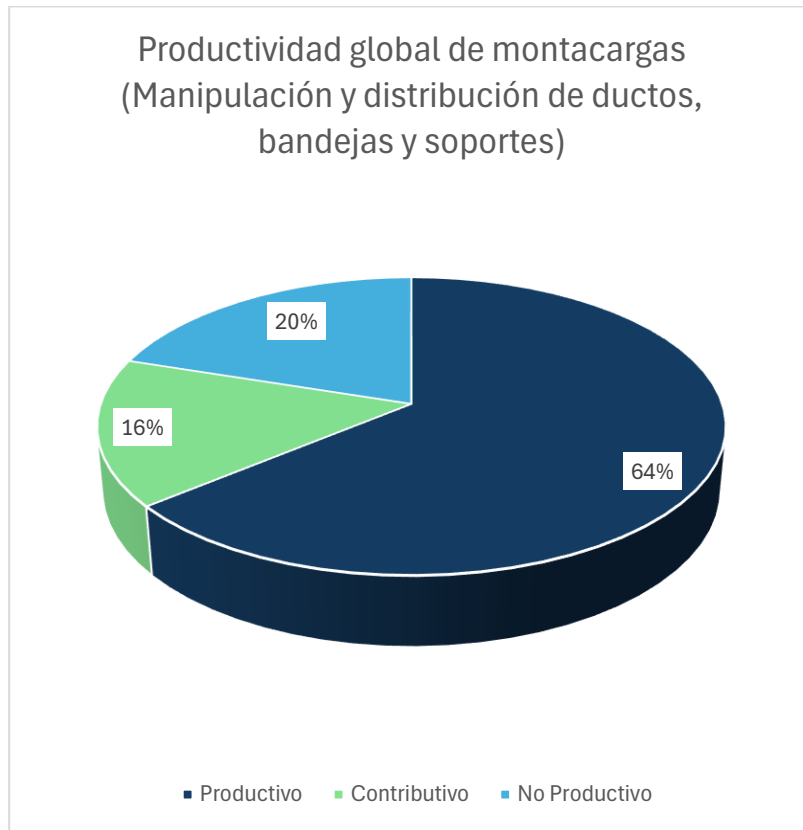


Los gráficos permiten visualizar de forma clara que una mayor proporción del tiempo podría destinarse a trabajo productivo si se reducen interrupciones y se optimizan los procesos de carga y traslado. A pesar de que el rendimiento general es aceptable, este análisis sugiere que el uso de un sistema de carga más eficiente, una mejor delimitación de rutas y tiempos, así como un mayor control del personal en campo podrían mejorar sustancialmente el aprovechamiento del equipo y su impacto en la productividad global del proyecto.

El análisis de productividad del montacargas durante la actividad de manipulación y distribución de ductos, bandejas y soportes revela una distribución relativamente equilibrada entre los distintos tipos de trabajo. Como se observa en la Figura 41, el trabajo productivo representó el 64% del tiempo total observado, mientras que el trabajo contributivo alcanzó un 16% y el trabajo no productivo un 20%. Esta proporción evidencia una eficiencia aceptable, aunque existe un margen de mejora importante en la reducción de tiempos improductivos.

Figura 41

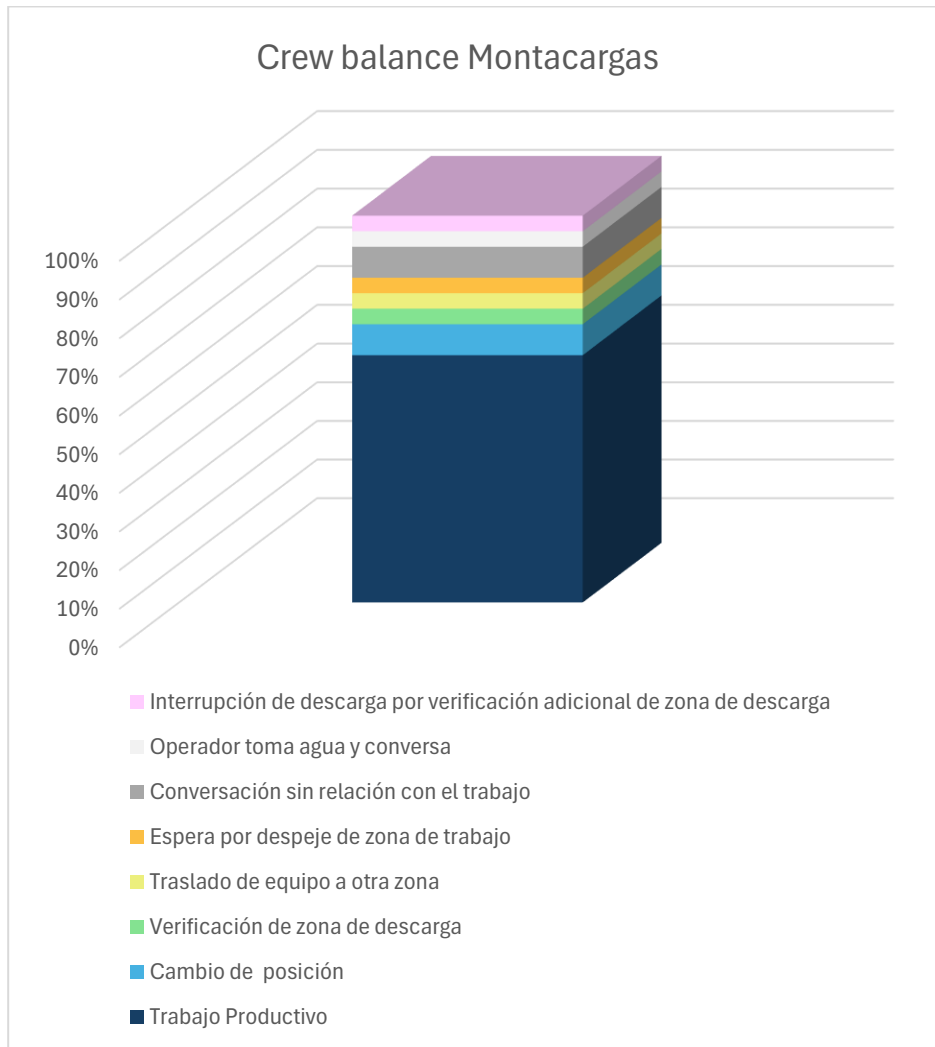
Productividad global de montacargas realizando la actividad de manipulación y distribución de ductos, bandejas y soportes



En la Figura 42 se desglosan las actividades específicas, identificándose que los factores no productivos más recurrentes fueron las conversaciones sin relación con el trabajo y pausas o interrupciones generadas por verificación adicional de zonas de descarga. Estas situaciones reflejan oportunidades claras de mejora a nivel organizativo, como la necesidad de reforzar la coordinación logística y el control operativo durante los procesos de descarga.

Figura 42

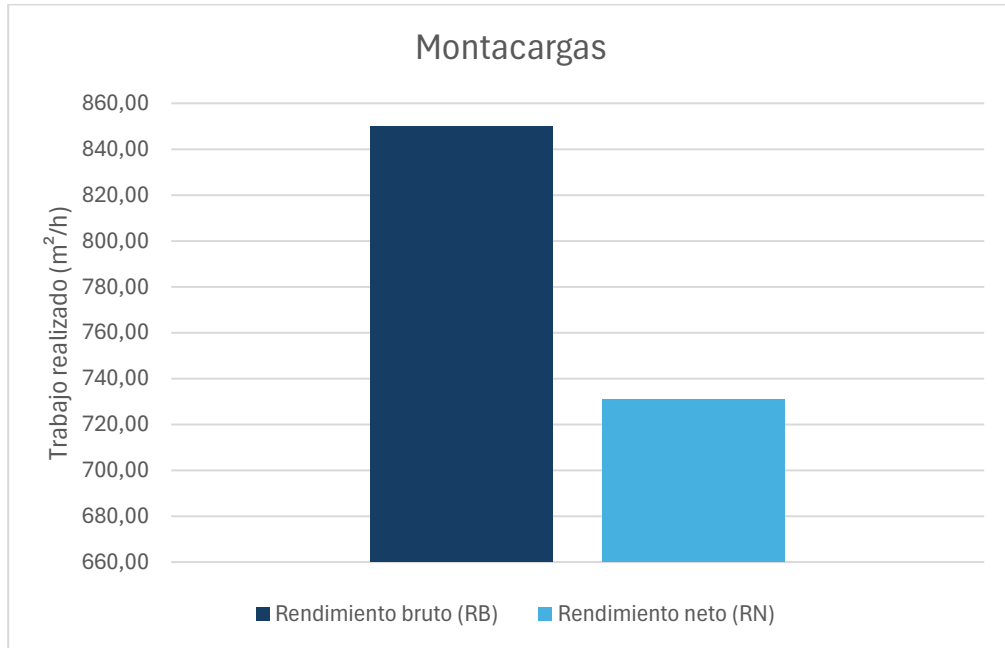
Crew Balance de montacargas



En términos de rendimiento, la Figura 43 muestra que el rendimiento esperado del equipo fue de 850 kg/h, mientras que el rendimiento real alcanzó los 731 kg/h. Esta diferencia implica una pérdida de aproximadamente el 14 % de eficiencia, lo que está en concordancia con el tiempo efectivo reportado del 80 %. Aunque estos valores reflejan un desempeño aceptable del montacargas en términos generales, es importante resaltar que las interrupciones y distracciones tienen un impacto medible en la productividad.

Figura 43

Rendimiento de montacargas

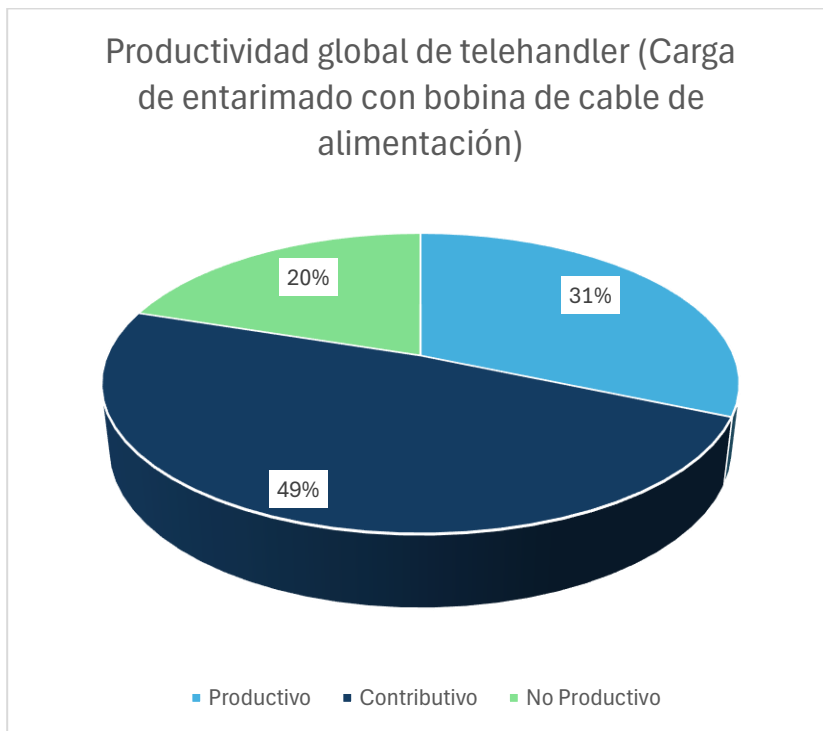


En conjunto, estos resultados sugieren que optimizar la coordinación de entregas, minimizar distracciones en obra y mantener una verificación más proactiva de las zonas de descarga podrían incrementar significativamente el aprovechamiento del equipo y su aporte al proceso constructivo.

Los resultados observados en la actividad de carga de entarimado con bobina de cable de alimentación, realizada mediante un telehandler, reflejan la distribución y uso del tiempo operativo del equipo. En la Figura 44, se aprecia que solo el 31 % del tiempo fue destinado a trabajo productivo (maniobras de elevación y descarga), mientras que el 49 % se clasificó como trabajo contributivo, donde destacan tareas como la espera por colocación de nuevas bobinas, ajustes de posición del equipo y traslados. El 20 % restante corresponde a trabajo no productivo, con eventos como pausas por parte del operador o conversaciones sin relación con la actividad.

Figura 44

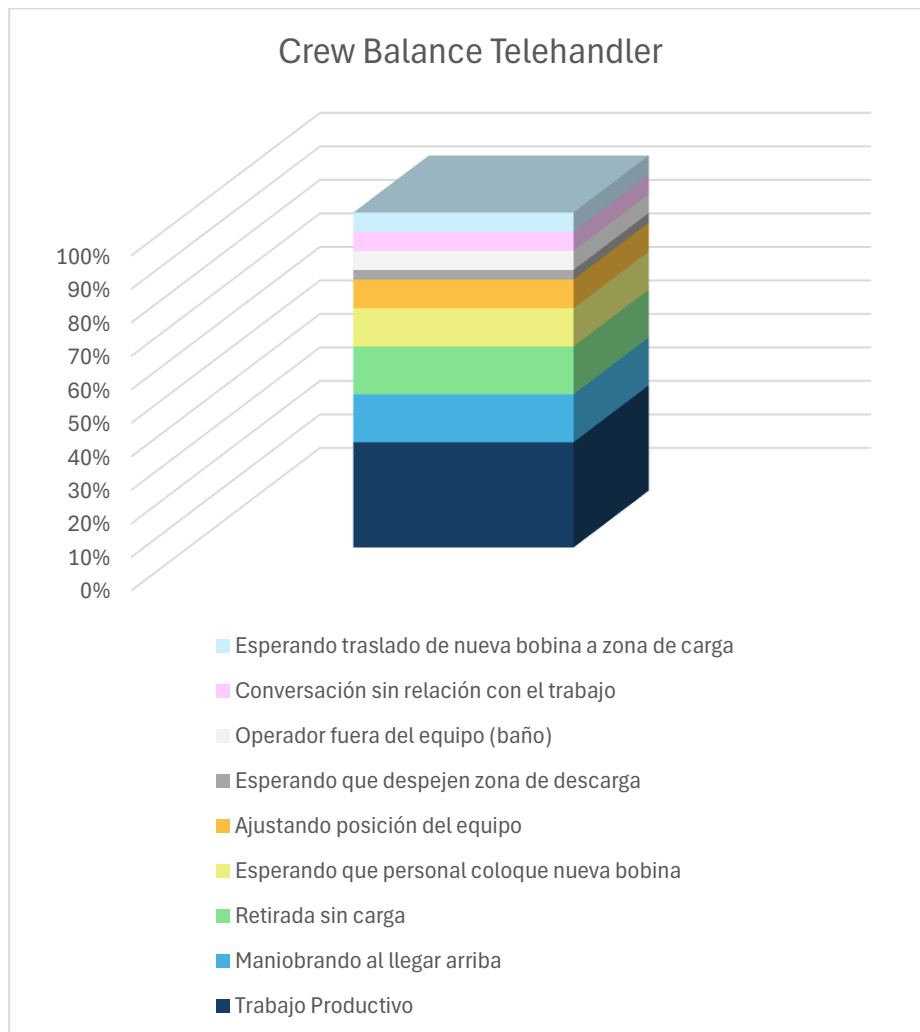
Productividad global de telehandler realizando la actividad de carga de entarimado con bobina de cable de alimentación



La Figura 45, que presenta un gráfico de crew balance, permite desglosar las actividades específicas que intervinieron en el uso del tiempo durante las 35 observaciones. Se observa que los elementos contributivos y no productivos aparecen con frecuencia considerable. Actividades como “espera por colocación de bobina” o “esperando traslado de bobina a zona de carga” son indicadores de coordinación ineficiente entre personal y equipo. Esto sugiere que, si bien el equipo está disponible y operativo, su productividad se ve afectada por factores externos a su operación directa, como logística y disposición de materiales.

Figura 45

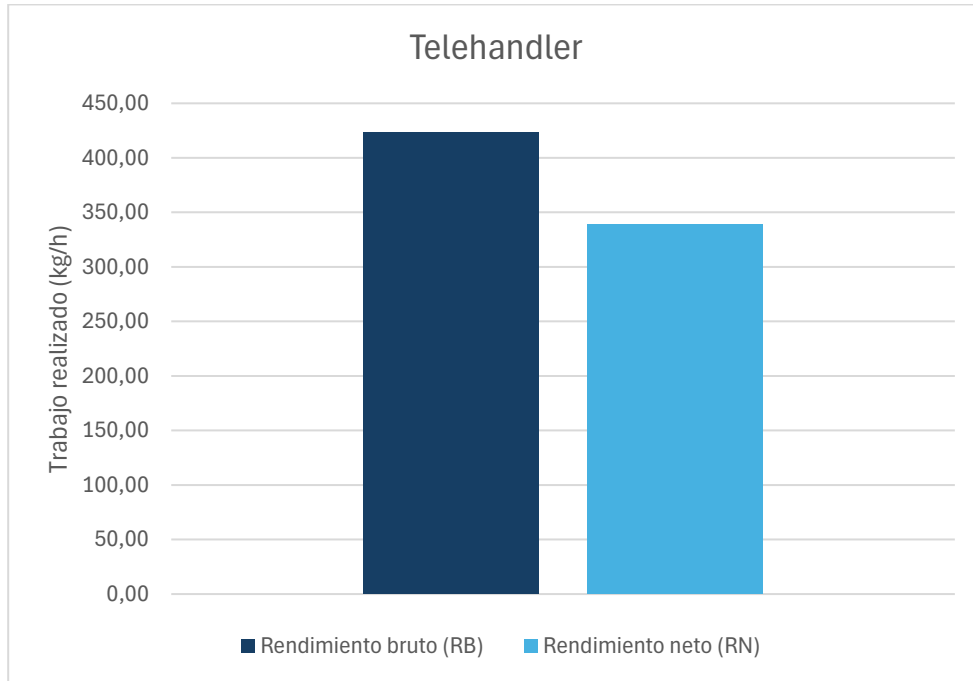
Crew Balance de telehandler



En la Figura 46, se muestran el rendimiento esperado y neto del equipo. El rendimiento esperado alcanzó los 423,53 kg/h, pero el rendimiento real, ajustado al tiempo efectivo del 80 %, descendió a 338,82 kg/h. Esta diferencia de más de 80 kg/h evidencia una pérdida operativa significativa atribuida a interrupciones y tiempos de espera. A pesar de que el equipo logra mover casi dos bobinas por hora, esta capacidad podría incrementarse si se optimizan las condiciones de entorno y apoyo al equipo.

Figura 46

Rendimiento de telehandler

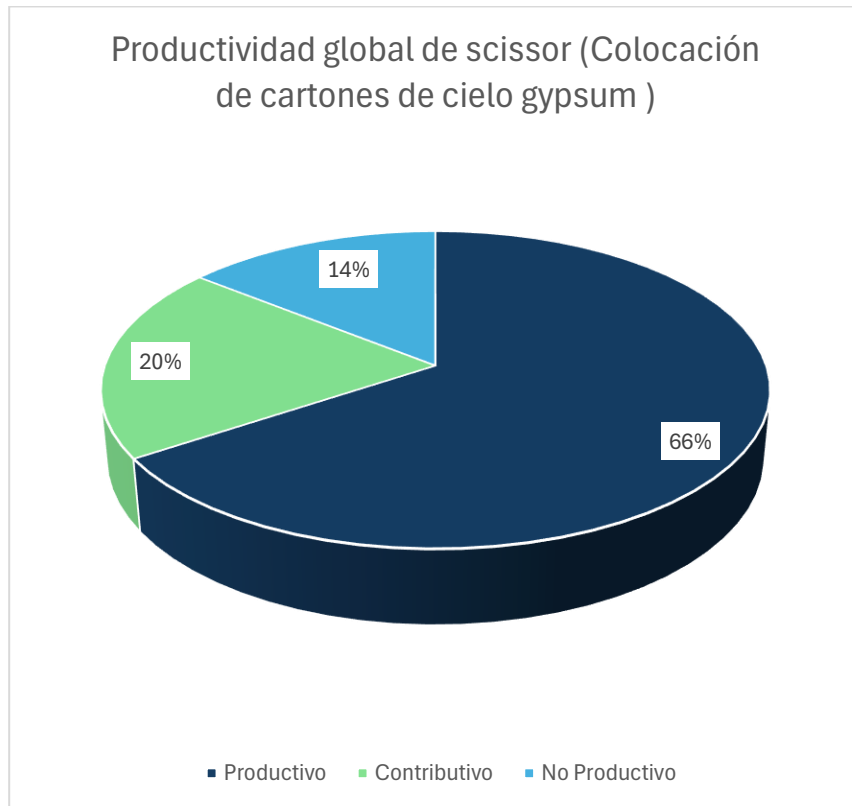


En conjunto, las figuras revelan un patrón claro: el rendimiento del telehandler se ve limitado no por su capacidad técnica, sino por factores de gestión, coordinación y apoyo en sitio. La elevada proporción de trabajo contributivo y la presencia reiterada de interferencias logísticas indican que existe un margen de mejora importante. Si se implementan acciones correctivas orientadas a reducir tiempos de espera, mejorar la planificación de cargas y reforzar la comunicación operativa, se podría incrementar sustancialmente el rendimiento real, mejorando así la eficiencia del proceso y reduciendo los tiempos de ciclo en esta fase del proyecto

Los resultados obtenidos para la actividad de colocación de cartones de cielo gypsum, ejecutada mediante una plataforma tipo scissor, permiten evaluar la eficiencia operativa del equipo y la distribución del tiempo de trabajo. En la Figura 47, se presenta la categorización del tiempo observado, destacando que el 66 % corresponde a trabajo productivo, es decir, directamente vinculado con la instalación de cartones. El 20 % fue identificado como trabajo contributivo, incluyendo tareas como la bajada de plataforma, traslados o limpieza del equipo. El 14 % restante fue clasificado como trabajo no productivo, representado por ausencias del operador o pausas por instrucciones poco claras.

Figura 47

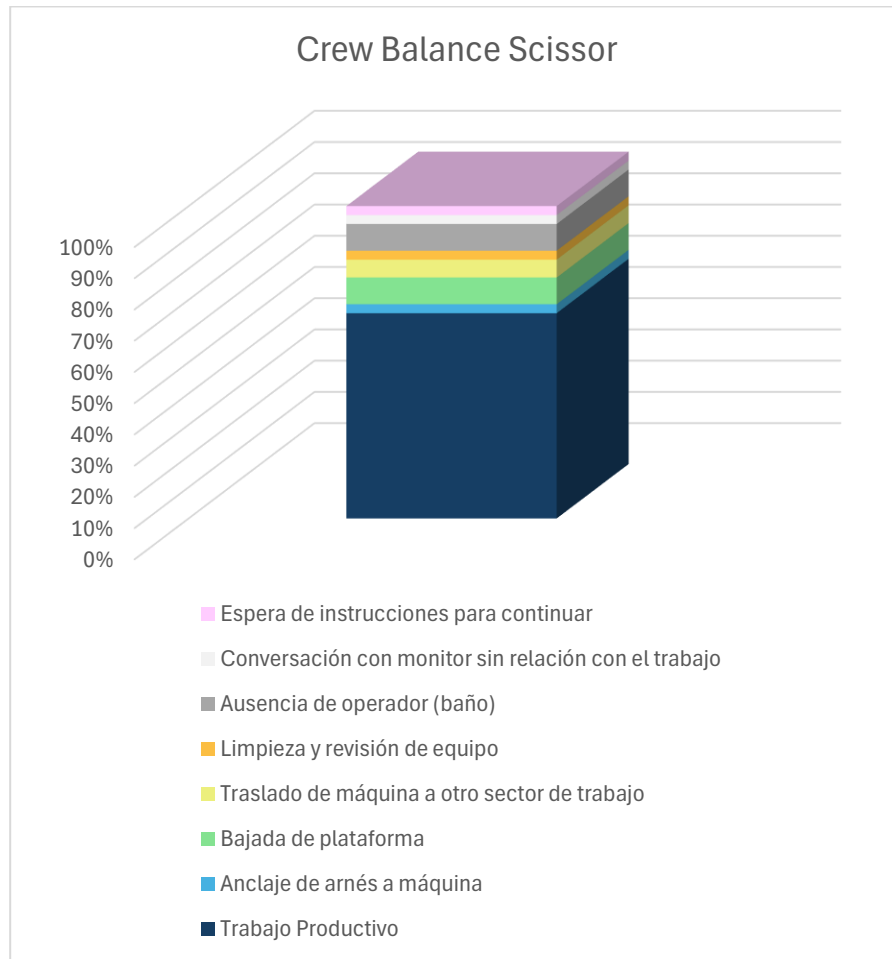
Productividad global de scissor realizando la actividad de colocación de cartones de cielo gypsum



En la Figura 48, el gráfico de crew balance permite visualizar la frecuencia de cada actividad registrada en las 35 observaciones realizadas. La predominancia del trabajo productivo se evidencia con claridad, aunque también se advierten interrupciones puntuales. Actividades como “ausencia del operador” y “conversación sin relación con el trabajo” reflejan interferencias evitables que impactan negativamente en la continuidad de la labor. Esta visualización desagregada facilita la identificación de oportunidades de mejora en la asignación de tareas y en la supervisión operativa.

Figura 48

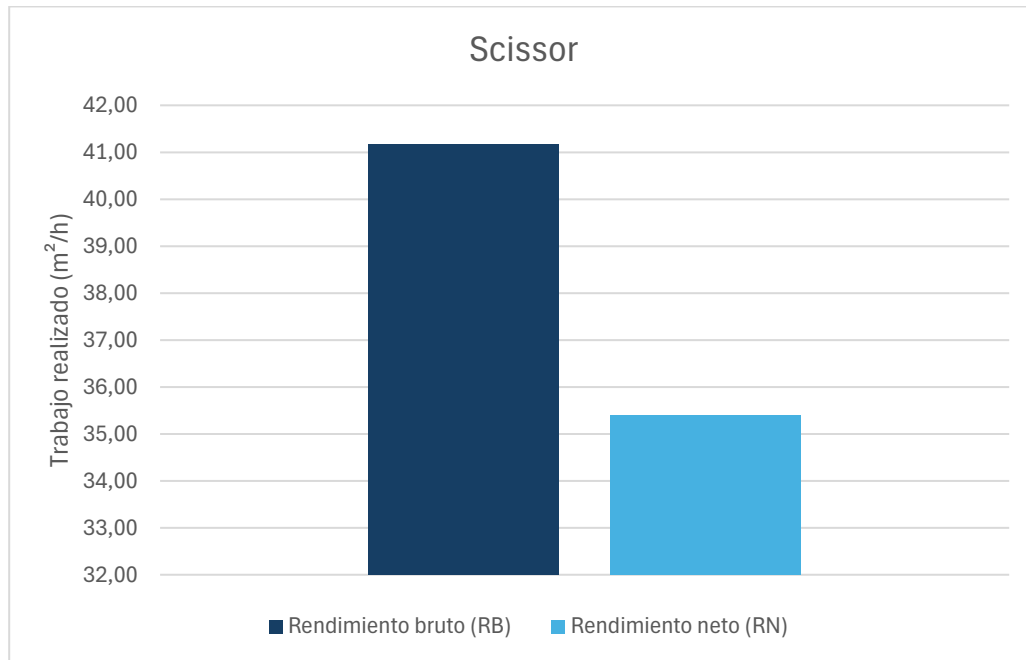
Crew Balance de scissor



Por su parte, la Figura 49 ilustra los valores de rendimiento obtenidos. El rendimiento esperado registrado fue de 41,17 m²/h, mientras que el rendimiento real, calculado considerando un tiempo efectivo de trabajo del 86 %, se redujo a 35,40 m²/h. Esta diferencia revela que, aunque el equipo presenta una productividad adecuada, el impacto acumulativo de los tiempos improductivos y contributivos afecta significativamente su eficiencia final.

Figura 49

Rendimiento de scissor



Los gráficos muestran una gestión operativa relativamente sólida para esta actividad específica, pero con margen de mejora. La diferencia entre el rendimiento esperado y neto evidencia que los tiempos de pausa y espera, aunque moderados, limitan el potencial del equipo. Acciones como mejorar la supervisión del uso de la plataforma, optimizar las instrucciones operativas y asegurar la permanencia del personal en sitio durante el ciclo de trabajo podrían reducir el 34 % del tiempo no directamente productivo.

Los datos recopilados durante la ejecución de la actividad de montaje de perfiles principales y secundarios para cielo suspendido con un brazo articulado permiten evaluar con claridad la eficiencia operativa del equipo. En la Figura 50, se presenta la distribución porcentual del tiempo en categorías de trabajo productivo, contributivo y no productivo. El 77 % del tiempo corresponde a trabajo productivo, lo que representa un uso eficiente del equipo en labores directamente asociadas a la colocación de perfiles. Por otro lado, un 11 % del tiempo fue dedicado a actividades contributivas, como traslados o ajustes menores, y el 11 % restante se distribuyó en actividades no productivas, como conversaciones o errores por instrucciones incorrectas.

Figura 50

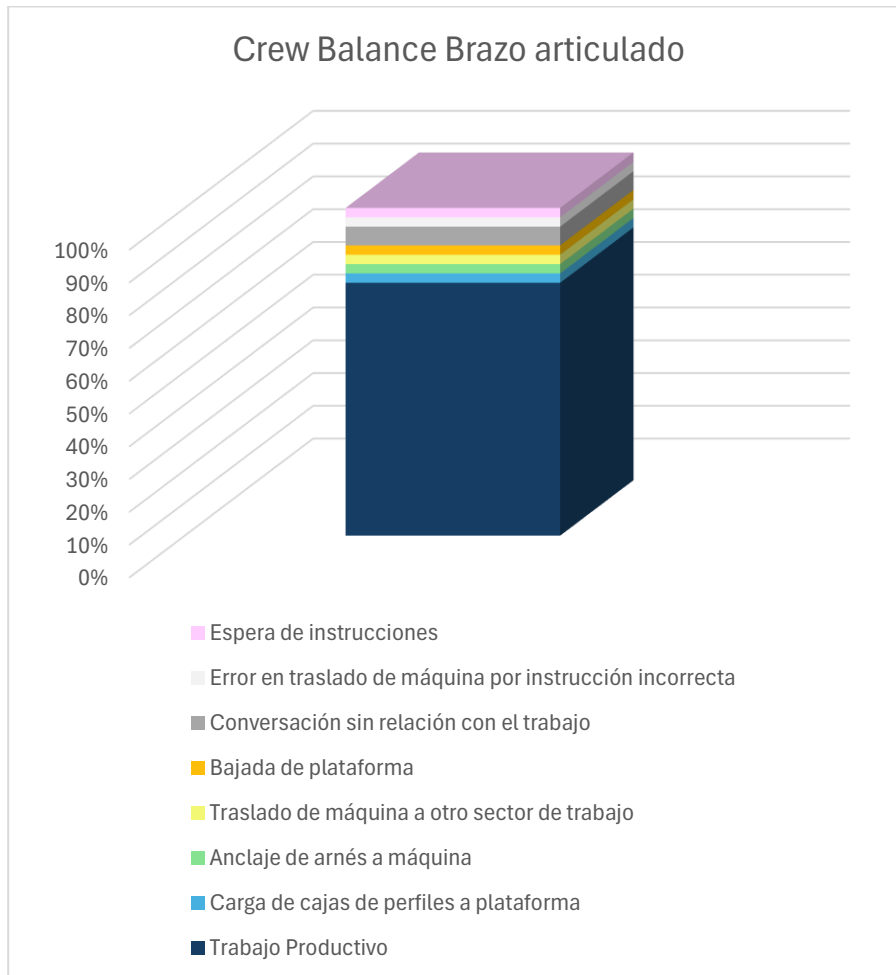
Productividad global de brazo articulado realizando la actividad de montaje de perfiles principales y secundarios para cielo suspendido



La Figura 51, que muestra un gráfico crew balance, desglosa estas observaciones permitiendo identificar visualmente la frecuencia de cada tipo de tarea. Se observa que la gran mayoría de las observaciones corresponden al trabajo productivo, lo que valida el alto porcentaje registrado en esta categoría. Las actividades contributivas y no productivas aparecen en menor proporción y de forma más dispersa, destacando entre ellas la “conversación sin relación con el trabajo” y la “espera de instrucciones”, que sugieren oportunidades de mejora en la comunicación operativa y la supervisión en campo.

Figura 51

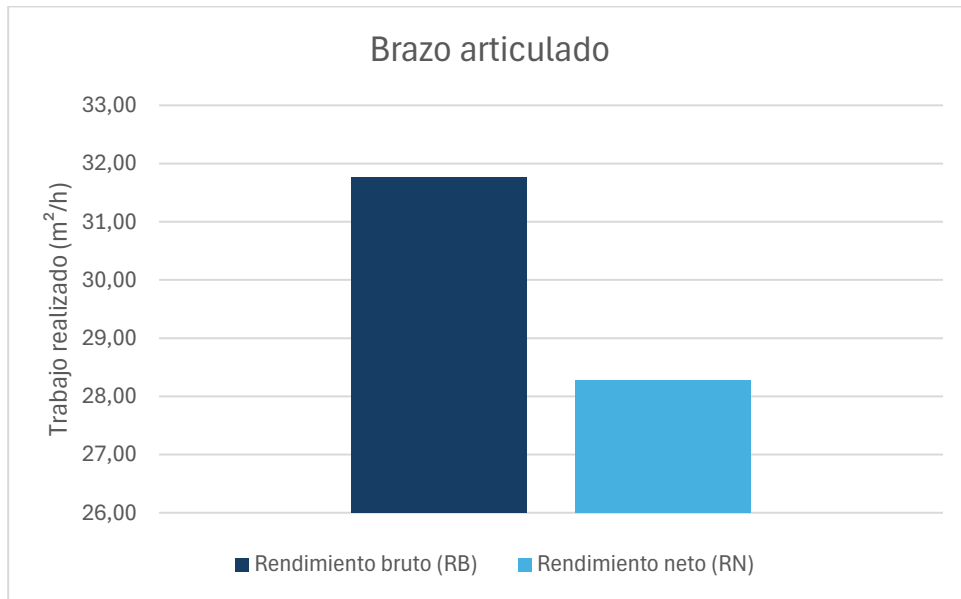
Crew Balance de brazo articulado



En la Figura 52, se presenta el rendimiento registrado por el equipo. El rendimiento esperado alcanzó los 31,76 m²/h, mientras que el rendimiento real, considerando el 89 % de tiempo efectivo, fue de 28,27 m²/h. Esta diferencia refleja pérdidas menores en comparación con otras actividades evaluadas, lo cual se corresponde con el bajo porcentaje de tiempo no productivo. Estos resultados evidencian un alto nivel de eficiencia, donde las interrupciones y pérdidas operativas son mínimas.

Figura 52

Rendimiento de brazo articulado



En conjunto, los tres gráficos reflejan un desempeño notablemente eficiente del brazo articulado en esta actividad. La diferencia marginal entre el rendimiento esperado y el neto indica que la planificación, ejecución y uso del equipo han sido adecuadamente gestionados. Sin embargo, la presencia de actividades no productivas vinculadas a fallos de instrucción o pausas sin relación con la operación sugiere que aún existen áreas para perfeccionar. Mejoras en la comunicación entre operadores y supervisores, así como en la asignación clara de tareas, podrían llevar este rendimiento a niveles aún óptimos.

El gráfico de la Figura 53 muestra el tiempo efectivo (PTE) registrado para cada uno de los equipos evaluados durante sus respectivas actividades. Este indicador representa el porcentaje del tiempo total que fue utilizado en tareas productivas y contributivas, excluyendo las interrupciones no justificadas o actividades improductivas. Los resultados reflejan una tendencia general positiva, con un promedio general de 85 %, lo cual sugiere un manejo operativo aceptable en la mayoría de los casos.

El brazo articulado (ZA20) presenta el valor más alto de tiempo efectivo, con un 89 %, seguido de cerca por la retroexcavadora (0518) con 88 % y el volquete pequeño (1758) con 87 %. Estos valores están asociados a altos porcentajes de trabajo productivo observados en sus respectivos análisis, indicando que las interrupciones fueron mínimas y el uso del equipo estuvo bien coordinado.

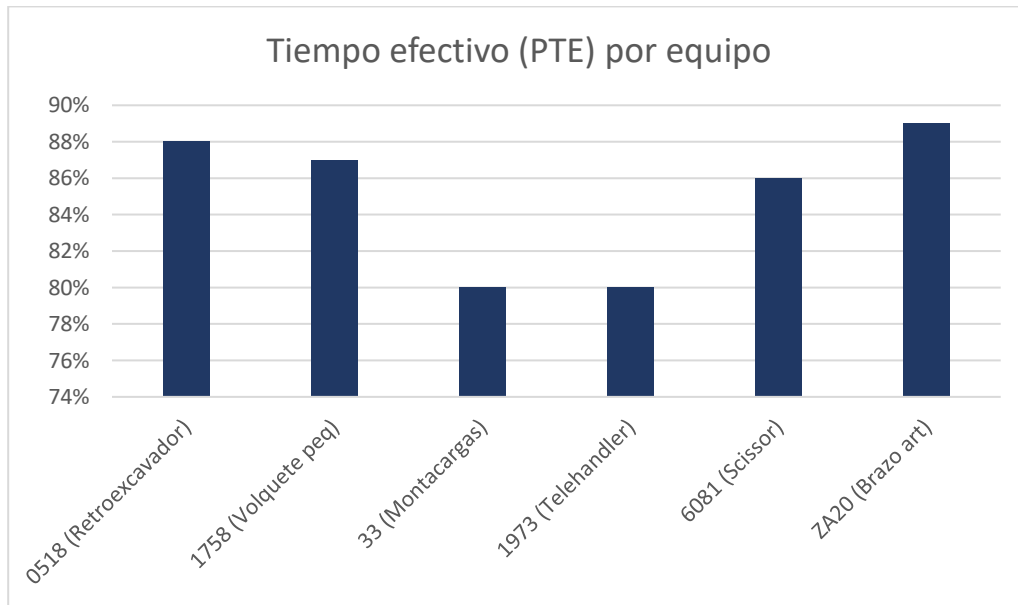
En contraste, los equipos montacargas (33) y telehandler (1973) muestran los valores más bajos de PTE, ambos con 80 %, lo cual refleja una mayor proporción de tiempos improductivos o de interferencias operativas. Esta situación fue evidenciada previamente en los análisis individuales, donde se identificaron pausas asociadas a coordinación de descarga, espera por personal o fallas en la planificación de tareas complementarias.

Finalmente, el scissor (6081) alcanzó un PTE de 86 %, valor que respalda el rendimiento eficiente reportado en esa actividad.

El gráfico permite identificar con claridad los equipos que operaron con mayor eficiencia relativa y aquellos que requieren ajustes en su gestión. La mejora del tiempo efectivo pasa por reducir las causas de interrupción, optimizar la comunicación entre operadores y supervisores, y ajustar las condiciones de trabajo para disminuir las pausas innecesarias. A través de estas acciones, es posible incrementar el rendimiento real y aprovechar de forma más efectiva los recursos disponibles en el proyecto.

Figura 53

Tiempo efectivo de los equipos (PTE)



4.2.3. Identificación de problemas prioritarios

A partir de los hallazgos obtenidos mediante el análisis de resultados de los instrumentos de recolección de información, se elaboró una matriz de problemáticas prioritarias (Cuadro 6), que permite clasificar los principales desafíos en la gestión de maquinaria de Proycon S.A. en función de su impacto en la eficiencia operativa y su nivel de urgencia.

La matriz de problemáticas prioritarias permitió jerarquizar los principales desafíos encontrados en la gestión de maquinaria y equipo, con base en su impacto sobre la eficiencia operativa. Para ello, se consideraron aspectos como la frecuencia con que ocurren, su gravedad y las consecuencias directas en el avance y control de los procesos constructivos. Esta jerarquización se organiza en tres niveles: prioridad muy alta, alta y media.

En el nivel de prioridad muy alta, se agrupan los problemas que representan un riesgo operativo inmediato y severo para la continuidad de las obras. Uno de los principales es el uso de maquinaria en mal estado por falta de alternativas, que se convierte en una consecuencia directa de otras dos deficiencias críticas: la falta de mantenimiento preventivo sistemático y las restricciones derivadas del cumplimiento de normativas ambientales en campo. La combinación de estos factores obliga, en ocasiones, a mantener maquinaria en operación aún en condiciones inadecuadas, exponiendo a los trabajadores a riesgos y provocando daños adicionales a los equipos. Esta situación también se agrava en contextos de alta demanda simultánea, donde la disponibilidad limitada de maquinaria puede forzar decisiones operativas apresuradas que afectan tanto la seguridad como el rendimiento general. Asimismo, se identificó como prioritaria la falta de cumplimiento en normas de seguridad activa, especialmente en lo relacionado con sistemas de alerta, luces o anclajes, los cuales son requerimientos normativos que, si se omiten, pueden derivar en sanciones y accidentes.

En la categoría de prioridad alta se encuentran aquellos aspectos que, si bien no detienen la operación, afectan de forma sostenida la eficiencia o dificultan el control técnico. Tal es el caso de la ausencia de trazabilidad y registros técnicos visibles, que impide planificar adecuadamente las labores de mantenimiento, dificulta el monitoreo del estado de los equipos y limita la evidencia documental ante auditorías o evaluaciones internas. También se incluye el aumento de tiempos improductivos, derivados de pausas no justificadas, fallos en el diseño logístico del sitio, o negligencias operativas como la falta de combustible en medio de una jornada. Finalmente, dentro de esta categoría también se ubican los efectos operativos de las exigencias ambientales (por ejemplo, en proyectos con certificación LEED), las cuales, aunque necesarias, pueden representar una carga adicional si no se gestionan de forma anticipada.

Por último, en el nivel de prioridad media, se agrupan problemáticas que no paralizan los procesos pero que revelan debilidades organizativas que deben atenderse. Esto incluye el débil control sobre la ubicación y almacenamiento de maquinaria, lo que puede generar desorden, pérdida de tiempo en su localización o desgaste innecesario de los equipos. También destaca la asignación no estandarizada ni digitalizada de maquinaria a tareas, que compromete la trazabilidad del uso operativo y dificulta la toma de decisiones en tiempo real. Finalmente, se identificó la ausencia de protocolos sistemáticos ante fallos, que genera respuestas improvisadas por parte de los operarios y retrasa las acciones correctivas.

Cuadro 6

Matriz de problemáticas prioritarias

Problema identificado	Categoría	Impacto en eficiencia	Prioridad
Ausencia de trazabilidad y registros técnicos visibles (mantenimiento, inspecciones)	Control y trazabilidad	Alto	Alta

Cuadro 6. Matriz de problemáticas prioritarias (Continuación)			
Problema identificado	Categoría	Impacto en eficiencia	Prioridad
Débil control de ubicación y orden de almacenamiento de maquinaria	Organización y logística	Medio	Media
Asignación no estandarizada ni digitalizada de maquinaria a tareas	Planificación operativa	Medio	Media
Disponibilidad limitada de equipos ante alta demanda simultánea	Disponibilidad de recursos	Alto	Muy Alta
Uso de maquinaria en mal estado por falta de alternativas	Riesgo operativo	Alto	Muy Alta
Falta de cumplimiento normativo en seguridad activa (alarmas sin sonido, anclajes inexistentes)	Cumplimiento normativo	Alto	Muy Alta
Tiempos improductivos, pausas no justificadas o mal diseño logístico y de sitio	Desempeño operativo	Alto	Alta
Ausencia del uso sistemático de protocolos ante fallos de maquinaria	Mantenimiento / capacitación	Medio	Media

4.3. Objetivo 3

La metodología propuesta (Ver Apéndice 13), constituye una herramienta estructurada y práctica destinada a optimizar la gestión de la maquinaria y equipo, organizándose en torno a la matriz de problemáticas prioritarias elaborada tras el análisis de los hallazgos de los objetivos 1 y 2. Más que un conjunto abstracto de lineamientos, se trata de una propuesta que busca resolver de manera estructurada los principales vacíos encontrados en campo, y que afecta tanto la eficiencia operativa como la trazabilidad y la seguridad de los equipos. En este sentido, la metodología no se plantea de manera lineal, sino que se articula a partir de los problemas críticos y responsables, con el propósito de orientar acciones concretas que atiendan las necesidades detectadas y que, al mismo tiempo, generen un impacto positivo en la productividad y en la gestión integral de los recursos de la empresa.

La matriz de problemáticas prioritarias sirvió como eje central para ordenar los hallazgos en categorías clave que agrupan los desafíos de gestión de maquinaria y equipo. Entre estos destacan: uso de maquinaria en mal estado, disponibilidad de equipos ante alta demanda simultánea, cumplimiento normativo en seguridad activa, tiempos improductivos, ausencia de trazabilidad y registros técnicos visibles, débil control de ubicación y almacenaje de maquinaria, asignación no estandarizada ni digitalizada de maquinaria a tareas y ausencia del uso sistemático ante fallos de maquinaria. Cada una de estas problemáticas se tradujo en un componente metodológico, que incorpora tanto herramientas de control y estandarización, como propuestas de acción específicas para su aplicación en los proyectos.

De esta manera, la metodología se estructura como un conjunto de herramientas prácticas y procedimientos estandarizados, organizados por áreas de intervención que corresponden a las problemáticas prioritarias. Su valor radica en que cada sección está sustentada en datos empíricos obtenidos mediante la aplicación de instrumentos de recolección de información, como entrevistas, listas de verificación y registros de tiempos y movimientos, y no en supuestos teóricos generales. Ello asegura que las recomendaciones y acciones planteadas respondan a la realidad específica de la empresa, y que estén alineadas con la experiencia de los actores involucrados en la gestión de maquinaria.

Así, se ofrece a la empresa una guía que no solo ordena sus procesos, sino que también responde a las necesidades reales observadas durante el desarrollo del Proyecto Concord. Este carácter aplicado convierte a la metodología en un recurso estratégico, capaz de servir como punto de partida para profesionalizar la gestión de equipos, fortalecer la seguridad operativa, optimizar el uso de recursos y reducir los costos asociados a ineficiencias. Además, su diseño flexible le permite adaptarse a diferentes contextos y proyectos futuros de la empresa, asegurando que continúe siendo útil en escenarios diversos y contribuyendo al desarrollo sostenible de Proycon S.A.

Conclusiones

y

Recomendaciones

A partir del desarrollo de la investigación y el análisis de los datos recopilados, se han identificado una serie de hallazgos clave sobre la gestión de maquinaria y equipo en Proycon S.A. Esta sección expone las conclusiones principales vinculadas con cada objetivo específico, y presenta recomendaciones orientadas a resolver las debilidades detectadas, mejorar la eficiencia operativa y fortalecer los procesos técnicos en obra.

Conclusiones

- Se identificaron tiempos improductivos superiores al 40 % en algunos equipos, lo cual ocurre porque no se anticipa adecuadamente la asignación de maquinaria ni se organizan de forma eficiente las zonas de almacenamiento. Esta falta de planificación logística genera retrasos y reduce la productividad global del proyecto.
- Una parte significativa del tiempo improductivo corresponde a conversaciones sin relación con las labores asignadas, lo que se explica por la ausencia de lineamientos claros durante los periodos de espera. Esta situación refleja una débil cultura operativa y carencias en la supervisión, que derivan en falta de compromiso con las tareas asignadas.
- Los problemas identificados no se limitan a la logística, sino también a factores humanos y culturales, porque la falta de disciplina operativa, capacitación y supervisión adecuada repercute directamente en la eficiencia de la maquinaria y en el desempeño global del proyecto.
- Se evidenció una variabilidad en la eficiencia entre equipos, dado que algunos, como el brazo articulado, fueron más productivos gracias a una mejor asignación y capacitación de sus operadores, mientras que otros, como el telehandler, presentaron bajos rendimientos debido a deficiencias en la planificación y uso inadecuado de los recursos.
- Existe una desconexión significativa entre la gestión estratégica de maquinaria y su implementación en campo, lo que se origina porque, a pesar de contar con lineamientos corporativos, en obra persisten prácticas manuales, ausencia de controles estandarizados y rotulación deficiente. Esta brecha debilita la trazabilidad y dificulta la toma de decisiones informadas.
- El mantenimiento se realiza de forma predominantemente reactiva, lo cual ocurre porque no existe una planificación preventiva o predictiva consolidada. Esto reduce la disponibilidad de equipos, incrementa los riesgos operativos y genera mayores costos por reparaciones correctivas.

- La falta de protocolos estandarizados para la gestión de fallos técnicos impide respuestas rápidas y coherentes ante averías, debido a que el personal no cuenta con capacitación suficiente ni lineamientos claros para actuar, lo que prolonga los tiempos muertos y compromete la continuidad del proceso constructivo.
- Existen debilidades en la aplicación de disposiciones normativas sobre gestión de maquinaria, porque no se cuenta con mecanismos consistentes de control documental ni de seguridad activa. Esto genera incumplimientos que afectan tanto la seguridad operativa como la trazabilidad técnica.
- Se detectaron deficiencias operativas concretas, como alarmas no funcionales, señalización incompleta o falta de registros de inspección en sitio, lo cual se debe a controles inconstantes y a la ausencia de un sistema estandarizado que asegure la revisión periódica de los equipos.
- Las condiciones observadas contrastan con la normativa nacional (Decreto N.º 40790-S-MTSS), porque la empresa no implementa de manera sistemática los lineamientos establecidos sobre seguridad y control de equipos en obra, lo que genera incumplimientos que pueden derivar en sanciones o riesgos adicionales.
- También se identifican incumplimientos frente a estándares internacionales como la ISO 9927-1 y la OSHA 1926, lo cual ocurre porque no existen registros formales ni procesos que aseguren la trazabilidad técnica y el control sistemático de las condiciones operativas.
- La trazabilidad técnica de los equipos es limitada, ya que no se cuenta con etiquetas visibles ni identificadores normalizados en obra. Esto provoca errores en la identificación de activos y entorpece la supervisión técnica, el mantenimiento y las auditorías internas.
- Se identificó un alto potencial de mejora mediante la digitalización y estandarización de procesos, porque la falta de herramientas simples de control (formularios digitales, códigos QR, planillas sistematizadas) genera retrasos en el acceso a la información y limita la eficiencia de la gestión.
- La metodología diseñada en este trabajo responde a las brechas operativas detectadas, porque al estructurar acciones específicas por área crítica, permite reducir tiempos muertos, aumentar la eficiencia operativa, fortalecer la trazabilidad y mejorar el cumplimiento normativo en los proyectos de la empresa.
- La estandarización en la gestión de maquinaria y equipo fortalece la trazabilidad, la eficiencia y la coordinación operativa, dado que elimina la ambigüedad en los procedimientos, corrige la ausencia de mecanismos de control y asegura que las prácticas en campo se alineen con los objetivos estratégicos de la empresa.

Recomendaciones

- Ejecutar un proyecto piloto de implementación de la metodología propuesta en un nuevo proyecto, con el objetivo de evaluar su aplicabilidad real, ajustar sus componentes y generar evidencia cuantitativa sobre su impacto en eficiencia, trazabilidad y cumplimiento.
- Sistematizar el plan de mantenimiento preventivo y predictivo mediante cronogramas por tipo de equipo, registros digitales y auditorías periódicas. Esta acción debe incluir la capacitación al personal técnico sobre su uso y seguimiento.
- Formalizar los procedimientos de asignación, almacenamiento y uso de maquinaria, incorporando sistemas simples de control como etiquetas visibles, formatos estándar de uso diario y zonas de parqueo delimitadas para maquinaria.
- Reforzar las inspecciones operativas con listas de chequeo visibles y auditables, y verificar el cumplimiento estricto de normativas técnicas y de seguridad activa. Esto incluye alarmas funcionales, señalización, puntos de anclaje y documentación accesible en sitio.
- Desarrollar o adaptar herramientas digitales de bajo costo para mejorar la trazabilidad operativa de maquinaria, tales como formularios en línea, plataformas móviles o sistemas QR vinculados a fichas técnicas y bitácoras digitales.
- Establecer proyecciones anuales de demanda de maquinaria y convenios marco con proveedores, especialmente para equipos de alta rotación, con el fin de evitar compras o alquileres de emergencia ante proyectos simultáneos.
- Diseñar un programa formativo obligatorio para operadores y encargados de obra sobre protocolos de actuación ante fallos, mantenimiento preventivo básico y uso responsable de los equipos, con evaluación periódica y validación práctica en campo.
- Incorporar métricas ambientales específicas como parte del sistema de gestión de maquinaria, alineadas a estándares LEED y ODS 9, incluyendo consumo energético, emisiones, y uso eficiente de talleres móviles como alternativa sostenible.

Referencias

- Administración Y Mantenimiento De Maquinaria Y Equipos En La Constructora Hg. (2017). [Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga]. https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/5131/digital_35759.pdf?sequence=1
- Análisis Cualitativo De Contenido: Una Alternativa Metodológica Alcanzable. (2003). Psicoperspectivas, 2. <https://www.redalyc.org/pdf/1710/171018074008.pdf>
- ANMOPYC. (2025). Movimiento tierras, compactación, manipulación y transporte. Asociación Española de Fabricantes de Maquinaria de Construcción, Obras Públicas y Minería. Recuperado de <https://www.anmopyc.es>
- ANSI / SAIA A92 Aerial Work Platform Standards | ASSP. (2021). www.assp.org. <https://www.assp.org/standards/standards-topics/work-aerial-work-platforms-a92>
- Arroyo Orozco, J., & Alarcón Segura, P. (2018). Cálculo de Productividad y Optimización del Equipo Pesado utilizado en Movimiento de Tierras. Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación, 3(ICCE), 28-35. <https://doi.org/10.26910/issn.2528-8083vol3iss1CCE2018.2018pp35-44p>
- ASME B30.30-2019. (2019). <https://harriscranes.com.mx/wp-content/uploads/2024/07/ASME-B30.30.pdf>
- Barnes, R. M. (1980). Motion and Time Study: Design and Measurement of Work (7th ed.). John Wiley & Sons. <https://archive.org/details/in.ernet.dli.2015.275373>
- Cavhome. (2025). Tendencias emergentes en la gestión de proyectos de construcción para 2025 – CAV Home Group. <https://cavservicios.com/tendencias-emergentes-en-la-gestion-de-proyectos-de-construccion-para-2025/>
- CDT (2024.). Herramientas y técnicas para la optimización de procesos en la construcción. <https://www.cdt.cl/herramientas-y-tecnicas-para-la-optimizacion-de-procesos-en-la-construccion/>
- China Machinery Standards, GB standards, english version translation, price, purchase, download. (n.d.). https://www.gbstandards.org/index/Standards_Search.asp?word=Machinery
- Código de Trabajo. (1943). Sistema Costarricense de Información Jurídica. http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=8045
- Costos, R., & Costos, R. (2021, July 19). Cálculo del Rendimiento de Maquinarias de Construcción. Productos y Sistemas. <https://revista-ps.costosperu.com/calculo-del-rendimiento-de-maquinarias-de-construccion/>
- Crane, derrick and hoist Safety - Standards | Occupational Safety and Health Administration. (n.d.). <https://www.osha.gov/cranes-derricks/standards>

- Deloitte. (2020). Tendencias en la Construcción: Innovación y Tecnología. Deloitte Insights. Recuperado de https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ve/Documents/technology/DI_TechTrends2020_ES%20REPORTE%20COMPLETO.pdf
- De Innovación Regional De Los Lagos, C. (2021). ¿Cómo podríamos gestionar de manera eficiente los procesos internos y costos asociados en el uso de la maquinaria en la construcción? Centro De Innovación Regional De Los Lagos. <https://innovacionloslagos.com/solucionadores/oportunidades/como-podriamos-gestionar-de-manera-eficiente-los-procesos-internos-y-costos-asociados-en-el-uso-de-la-maquinaria-en-la-construccion/>
- Diagrama de Venn. (2013). Universidad Autónoma De Nuevo León. https://www.uanl.mx/utilerias/chip/descarga/diagrama_venn.pdf
- Durán Urbina, F. (2012). Habitar colectivo urbano : residencia en el centro histórico de Santiago. Disponible en <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/112699>
- EAC - Eurasian Conformity. Main definitions. (2018). <https://www.ccis-expertise.com/en/eac-eurasian-conformity>
- Echevarria, M. (2024, February 7). Elevadores de tijera: Eficiencia y Productividad - EQUIPZILLA. EQUIPZILLA. <https://blog.equipzilla.com/elevadores-de-tijera-eficiencia-y-productividad/>
- Echevarria, M. (2024b, September 17). Como mejorar la productividad en obras con maquinaria eficiente: claves y estrategias - EQUIPZILLA. EQUIPZILLA. <https://blog.equipzilla.com/como-mejorar-la-productividad-en-obras-con-maquinaria-eficiente-claves-y-estrategias/>
- Editorial Team. (2025, March 4). Inteligencia Artificial en gestión de construcción: ejemplos prácticos para la administración de proyectos. BibLus. <https://biblus.accasoftware.com/es/inteligencia-artificial-en-gestion-de-construccion-ejemplos-practicos-para-la-administracion-de-proyectos/>
- El análisis de contenido como método de investigación. (2001). Revista De Educación. Universidad De Huelva. <https://rabida.uhu.es/dspace/bitstream/handle/10272/1912/b15150434.pdf>
- Elena, M. S. C. T., & Ángel, L. V. M. (2012, May 8). Estudio de la productividad en una obra de edificación. <https://tesis.pucp.edu.pe/items/6099570a-4471-4a41-a2b3-8310f183c3b3>
- Equipesados. (2024). La Importancia de Contar con la Maquinaria y el Personal Adecuado para Garantizar el Desarrollo Satisfactorio de un Proyecto. Recuperado de <https://equipesados.com.co/la-importancia-de-contar-con-la-maquinaria-y-el-personal-adecuado-para-garantizar-el-desarrollo-satisfactorio-de-un-proyecto/>
- Estandarización de la gestión de proyectos para la empresa constructora Electromecánica COELME S.A. (2019). [Instituto Tecnológico de Costa Rica]. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/10692/estandarizacion-gestion-proyectos-empresa-constructora.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Estandarización de los procedimientos técnicos y administrativos para la ejecución de obras in situ, en proyectos realizados con los sistemas constructivos prefabricados de ESCOSA. (2012b). [Instituto Tecnológico de Costa Rica]. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6063/estandarizaci%C3%B3n-procedimientos-escosa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Estimación de rendimiento y productividad de equipo y mano de obra de un proyecto vial con declaratoria de emergencia. (2018). [Instituto Tecnológico de Costa Rica]. https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/10487/estimacion_rendimiento_productividad_equipo_mano_obra.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Evaluación Del Modelo De Gestión De Maquinarias Y Equipos De Astaldi Sucursal Chile. (2015). [Universidad De Chile]. <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/134554/Evaluacion-del-modelo-de-gestion-de-maquinarias-y-equipos.pdf?sequence=4>
- Filtertec. (2024, December 2). Factores Que Influyen En La Productividad De Tu Maquinaria Pesada - Filtertec. Filtertec. <https://filtertec.mx/blog/2024/12/02/factores/>
- Garcia, V. (2023, August 14). 5 beneficios de la estandarización de procesos - Kizeo Forms. Kizeo Forms. [5 beneficios de la estandarización de procesos - Site LATAM](#)
- Gestión De Mantenimiento Para Maquinaria De Construcción. (2022). Universidad Militar Nueva Granada. <https://repository.umng.edu.co/server/api/core/bitstreams/4ece03bb-93a5-40c4-bfc6-451ea011f8ab/content>
- GFL. (2023). La Importancia de la Maquinaria en el Sector de la Construcción. Recuperado de <https://gfl.com.mx/blog/la-apisonadora-prepara-el-terreno-para-tu-exito-2/>
- Gravedad, urgencia y tendencia en el análisis estratégico.* (2022b, July 26). <https://revistagestion.primicias.ec/analisis-estrategia/gravedad-urgencia-y-tendencia-en-el-analisis-estrategico/>
- Gómez, J. (2008). Maquinaria y Equipos de Construcción. <https://www.monografias.com/trabajos-pdf2/fichas-maquinarias/fichas-maquinarias.pdf>
- González, A. B. (2025, January 23). Innovaciones Tecnológicas en Maquinaria de Construcción para 2025: Eficiencia y Sostenibilidad. Hegamex. <https://www.hegamex.com/post/innovaciones-tecnol%C3%B3gicas-en-maquinaria-de-construcci%C3%B3n-para-2025-eficiencia-y-sostenibilidad>
- González, F. (2022). Aplicación de telemetría en la gestión de maquinaria pesada. Revista de Ingeniería y Tecnología, 38(2), 45-59. <https://www.revistaingenieria.unam.mx/en/index.php>
- Goudie Domínguez, A. (2015). Evaluación del modelo de gestión de maquinarias y equipos de Astaldi sucursal Chile. Disponible en <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/134554>
- Guía completa de seguridad en maquinarias: Consejos y medidas de prevención. (2023, June 16). SGSCorp. <https://www.sgs.com/es-pe/noticias/2023/06/guia-completa-seguridad-maquinarias>

- Guía de la maquinaria de construcción | SafetyCulture. (2024, June 29). SafetyCulture. <https://safetyculture.com/es/temas/maquinaria-de-construccion/>
- Guía sobre: Manejo Manual y Mecánico de Cargas. Reglamento General de Seguridad en Construcciones. (2022). Ministerio De Trabajo Y Seguridad Social. <https://www.cso.go.cr/divulgacion/construccion/documentos/guiasseguridadconstruccion/9.%20Guia%20sobre%20manejo%20manual%20y%20mecanico%20de%20cargas%20MTSS%20CSO.pdf>
- HQTS. (2023, March 13). La importancia del control de calidad en la construcción. HQTS. <https://www.hqts.com/es/control-calidad-construccion/>
- InterFuerza. (2024, October 25). Gestión eficiente de proyectos de construcción con InterFuerza | Interfuerza. <https://www.interfuerza.com/gestion-eficiente-de-proyectos-de-construccion-con-interfuerza/>
- ISO 9927-1. (2013). <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/51102/4fd7f5bfe0d141e58a2c32a02d751b90/ISO-9927-1-2013.pdf>
- Jiménez, A. (2025, February 23). Herramientas Digitales para la Gestión de Proyectos de Construcción | CMYK Arquitectos. CMYK Arquitectos. <https://cmyk-arq.es/herramientas-digitales-para-la-gestion-de-proyectos-de-construccion/>
- Kiss, Teresa (3 de marzo de 2025). Investigación aplicada. Enciclopedia Concepto. Recuperado el 14 de marzo de 2025 de <https://concepto.de/investigacion-aplicada/>.
- Manual para la Inspección Técnica de Obras de Desarrollo Habitacional y Comercial, Construcción y Demolición, Municipalidad de Nicoya. (2018). https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/10479/manual_inspeccion_tecnica_obras_desarrollo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Metodología de la investigación (6th ed.). (2014). <https://archive.org/details/hernandez-sampieri>
- Metodología para la determinación de rendimiento de maquinaria para la compañía Corporación de Desarrollo Agrícola del Monte (PINDECO. S.A.). (2018). [Instituto Tecnológico de Costa Rica]. https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/10486/metodologia_determinacion_rendimiento_maquinaria_pindeco.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Muestreo de trabajo. (2000). Industrial Data, 3(1), 47-49. <https://doi.org/10.15381/idata.v3i1.6578>
- Odebrecht, J. (2025, May 5). *Matriz GUT: que és y por qué es aplicarla en la gestión de la calidad*. Checklist Fácil | Blog. <https://es.checklistfacil.com/blog/matriz-gut/>
- OIT. (2022). Seguridad y Salud en la Construcción. Organización Internacional del Trabajo. Recuperado de <https://www.ilo.org/es/media/267256/download>
- Optimizar el Uso de Recursos en Proyectos de Construcción. (2024, November 7). <https://www.themple.com/blog/consultoria-de-construccion-para-empresas/estrategias-para-optimizar-el-uso-de-recursos-en-proyectos-de-construccion>

- Pérez, J., López, M., & Díaz, R. (2021). Mantenimiento 4.0 en maquinaria pesada. Revista Iberoamericana de Ingeniería Mecánica, 45(3), 12-29. Recuperado de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/riim/article/view/83492>
- Productividad y rendimiento de mano de obra para algunos procesos constructivos seleccionados en la ejecución del edificio ISLHA del ITCR. (2016). [Instituto Tecnológico de Costa Rica]. https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6732/productividad_rendimiento_procesos_constructivos_islha.pdf
- Propuesta De Productividad Por Constructabilidad Del Proyecto Ocean Reef De Cinco Pisos Y Dos Sótanos En San Bartolo. (2018). [Universidad de San Martín de Porres]. https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/3979/alejo_pfl.pdf
- Ponce Talancón, H., (2007). La matriz foda: alternativa de diagnóstico y determinación de estrategias de intervención en diversas organizaciones. Enseñanza e Investigación en Psicología, 12(1), 113-130. <https://www.redalyc.org/pdf/292/29212108.pdf>
- Puños, P. (2017). .3 Factores que influyten en el rendimiento de las máquinas. www.academia.edu. https://www.academia.edu/35423817/3_Factores_que_influyten_en_el_rendimiento_de_las_m%C3%A1quinas
- Ramos, J. C., & Gutierrez, A. (2023). Mejora para el aumento de la eficiencia en el servicio de alistamiento aplicando Lean en una empresa de maquinaria pesada [Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. [Ramos_HJ.pdf;jsessionid=0CB509AC04E98082505DB0CB0BE7D3D0](https://www.repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/3979/alejo_pfl.pdf)
- Reglamento De Construcciones. (2022). <https://www.invu.go.cr/documents/20181/32857/Reglamento+de+Construcciones>
- Reglamento General De Seguridad En Construcciones. (2017). <https://www.cso.go.cr/divulgacion/construccion/normativa/1.%20Decreto%2040790-S-MTSS%20Reglamento%20Seguridad%20Construcciones%20CSO.pdf>
- Reglamento General De Seguridad En Construcciones. (2017b). Ministerio De Trabajo Y Seguridad Social. https://www.google.com/search?q=REGLAMENTO+GENERAL+DE+SEGURIDAD+EN+CONSTRUCCIONES&oq=REGLAMENTO+GENERAL+DE+SEGURIDAD+EN+CONSTRUCCIONES&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOTIGCAEQRRhAMgYIAhBFGDvSAQczMTFqMGo0qAIAAsAIB&sourceid=chrome&ie=UTF-8
- Riwal. (2025, February 5). Tendencias del alquiler de maquinaria de construcción en 2025. Riwal España. <https://www.riwal.com/es/conocimiento/noticias/tendencias-alquiler-maquinaria-2025/>
- Robles, S., & Robles, S. (2023, June 24). Conoce cuán importantes son la maquinaria y los equipos de construcción para un proyecto | Triton. Triton Trading | Distribuidor de Bobcat, Crown, Liebherr y Hyundai. <https://triton.com.pe/importancia-maquinaria-equipos-construccion/>
- Robles, S., & Robles, S. (2023b, June 24). Conoce cuán importantes son la maquinaria y los equipos de construcción para un proyecto | Triton. Triton Trading | Distribuidor de Bobcat, Crown, Liebherr y Hyundai. <https://triton.com.pe/importancia-maquinaria-equipos-construccion/>

- Rodríguez Veiras, L. (2020). El Cielo Único Europeo como solución de mejora a la huella ecológica del transporte aéreo. Universitat Politècnica de València. <https://riunet.upv.es/handle/10251/147953>
- Rojas, A. (2023). Modelos de gestión centralizada para constructoras. Memorias del Congreso Internacional de Ingeniería Civil, 78-91. Recuperado de <https://www.congresointernacionalingenieria.com/memorias2023>
- Rojas, B. (2024, April 30). ¿Cómo mejorar el rendimiento de maquinaria de construcción? Rastreo Satelital Para Vehículos Y Flotillas. Plataforma GPS. <https://zeekgps.com/como-mejorar-el-rendimiento-de-maquinaria-de-construccion/>
- R. Solís Carcaño, R., Zaragoza Grifé, N., & González Fajardo, A. (2019). Gestión de las maquinarias de construcción [Tesis, Universidad Autónoma de Yucatán]. <https://www.redalyc.org/journal/467/46761359008/html/>
- Sánchez, J. (2021). Gestión de Maquinarias y Equipos. <https://es.scribd.com/document/535755269/Gestion-de-Maquinarias-y-Equipos>
- Seguí, P. (2024b, December 5). Tipos de maquinaria construcción u obra y ejemplos. OVACEN. <https://ovacen.com/tipos-maquinaria-construccion-obras/>
- Serpell B., A., & Verbal R, R. (1990). Análisis de operaciones mediante cartas de balance. Revista Ingeniería De Construcción, (9), 11–28. Retrieved from <https://revistaingenieriaconstruccion.uc.cl/index.php/ric/article/view/17527>
- Solís-Carcaño, R. G., Zaragoza-Grifé, J. N., & González-Fajardo, J. A. (2019). Gestión de las Maquinarias de Construcción. <https://www.redalyc.org/journal/467/46761359008/html/>
- Standards New Zealand. (1996, April 8). <https://www.standards.govt.nz/shop/asnzs-2550-91996>
- Otzen, Tamara, & Manterola, Carlos. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. International Journal of Morphology, 35(1), 227-232. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>
- ZeekGPS. (2024, April 30). ¿Cómo mejorar el rendimiento de maquinaria de construcción? Rastreo Satelital Para Vehículos Y Flotillas. Plataforma GPS. <https://zeekgps.com/como-mejorar-el-rendimiento-de-maquinaria-de-construccion/>

Apéndices

A continuación, se presentan los apéndices con la siguiente información en el orden correspondiente

Apéndice 1. Formato de entrevista 1.1, dirigida a encargado de la gestión de maquinaria y equipo a nivel empresa.

Apéndice 2. Formato de entrevista 2.1, dirigida a encargado de la gestión de maquinaria y equipo a nivel proyecto.

Apéndice 3. Formato de entrevista 2.2, dirigida a personal en campo.

Apéndice 4. Formato de lista de verificación – especificaciones por equipo.

Apéndice 5. Formato de lista de verificación – generalidades.

Apéndice 6. Formato de toma de tiempos y movimientos.

Apéndice 7. Metodología y Plan de Acción para la gestión de Maquinaria y Equipo en Proyectos de la Constructora Proycon S.A.

Apéndice 1. Formato de entrevista 1.1, dirigida a encargado de la gestión de maquinaria y equipo a nivel empresa.

<i>Diseño de una Metodología para la gestión de Maquinaria y Equipo en Proyectos de la Constructora Proycon S.A.</i>			
Entrevistado:		Fecha:	
Cargo:			
I. Gestión y Uso de Maquinaria			
1. ¿Cuáles son los principales tipos de maquinaria y equipos que utiliza la empresa en los proyectos constructivos?			
2. ¿Para qué tipos de procesos específicos se utiliza cada tipo de maquinaria (excavación, carga, transporte, etc.)			
3. ¿Cómo se gestiona la recepción de estos equipos en los proyectos?			
4. ¿Cómo se gestiona el almacenamiento de estos equipos en los proyectos?			

Apéndice 1. Formato de entrevista 1.1, dirigida a encargado de la gestión de maquinaria y equipo a nivel empresa (Continuación)
5. ¿Reciben los trabajadores capacitación para el de la maquinaria y equipo?
II. Normativas y Estándares de Calidad
6. ¿Qué normativas y estándares de calidad regulan la gestión de maquinaria en la empresa?
7. ¿Qué mecanismos implementa la empresa para garantizar el cumplimiento de las normativas y estándares en la gestión de los equipos?
III. Mantenimiento y Seguridad
8. ¿Qué tipo de mantenimiento (preventivo/correctivo) se aplica en los equipos?

Apéndice 1. Formato de entrevista 1.1, dirigida a encargado de la gestión de maquinaria y equipo a nivel empresa (Continuación)	
9.	¿Con qué frecuencia se realizan inspecciones y mantenimientos a las máquinas y equipos?
10.	¿Existen sistemas de monitoreo que permitan detectar fallos o necesidades de mantenimiento con anticipación?
11.	¿Cómo se gestiona la asignación de maquinaria a los proyectos y qué criterios se utilizan para determinar su disponibilidad?
IV. Desafíos y Mejoras	
12.	¿Cuáles son los principales desafíos en la gestión de maquinaria y qué mejoras considera necesarias?

Apéndice 2. Formato de entrevista 2.1, dirigida a encargado de la gestión de maquinaria y equipo a nivel proyecto.

<i>Diseño de una Metodología para la gestión de Maquinaria y Equipo en Proyectos de la Constructora Proycon S.A.</i>			
Entrevistado:		Fecha:	
Cargo:			
I. Disponibilidad y estado de la maquinaria			
1. ¿Cuáles son los principales problemas que han detectado en la maquinaria y equipos?			
2. ¿Hay suficientes máquinas y equipos para el trabajo diario o hacen falta más?			
3. ¿Cuáles son los principales motivos por los que una máquina queda fuera de servicio?			
II. Mantenimiento y reparaciones			
4. ¿Se sigue un plan de mantenimiento preventivo o solo se reparan las máquinas cuando fallan?			

Apéndice 2. Formato de entrevista 2.1, dirigida a encargado de la gestión de maquinaria y equipo a nivel proyecto (Continuación)
5. ¿Qué problemas enfrentan para dar mantenimiento a la maquinaria?
6. ¿Cómo se gestionan las reparaciones urgentes cuando una máquina se daña en medio de una tarea importante?
III. Organización y gestión de maquinaria
7. ¿Cómo se organiza la asignación de maquinaria para los diferentes trabajos en la obra?
8. ¿Cómo se gestionan las máquinas y equipos cuando llegan o salen de la obra?,
9. ¿Los equipos y máquinas son almacenados de manera organizada?
IV. Sugerencias de mejora
10. ¿Qué cambios recomendaría para mejorar la organización, gestión y mantenimiento de la maquinaria?

Apéndice 3. Formato de entrevista 2.2, dirigida a personal en campo.

<i>Diseño de una Metodología para la gestión de Maquinaria y Equipo en Proyectos de la Constructora Proycon S.A.</i>			
Nombre:		Fecha:	
Cargo:			
I. Disponibilidad y estado de la maquinaria			
1. ¿Siempre hay máquinas cuando las necesita?			
<ul style="list-style-type: none"> a. Si b. No 			
Observaciones:			
2. ¿Las máquinas funcionan bien la mayor parte del tiempo?			
<ul style="list-style-type: none"> a. Si b. No 			
Observaciones:			
3. ¿Qué problemas ha visto en el mantenimiento de las máquinas?			
<ul style="list-style-type: none"> a. No se les da mantenimiento a tiempo b. Faltan repuestos c. Se dañan seguido por mal uso d. Otro... (comentar cual en la sección de observaciones) 			
Observaciones:			
II. Mantenimiento y reparaciones			
4. ¿Tiene que seguir un proceso cuando una máquina se daña mientras trabaja?			
<ul style="list-style-type: none"> a. Si b. No 			
Observaciones:			

Apéndice 3. Formato de entrevista 2.2, dirigida a personal en campo (Continuación)
<p>5. ¿La empresa le indicó en qué momento un equipo se considera dañado y es necesario reportarlo?</p> <p>a. Si</p> <p>b. No</p>
Observaciones:
III. Organización y gestión de maquinaria
<p>6. ¿Le ha tocado usar una máquina dañada porque no había otra disponible?</p> <p>a. Si</p> <p>b. No</p>
Observaciones:
<p>7. ¿Existe un sistema para saber quién usa cada máquina?</p> <p>a. Si</p> <p>b. No</p>
Observaciones:
<p>8. ¿Las máquinas están siempre en su lugar al llegar a utilizarlas?</p> <p>a. Si</p> <p>b. No</p>
Observaciones:
IV. Sugerencias de mejora
<p>9. ¿Qué se podría hacer para que las máquinas estén en mejor estado y se manejen mejor? (Responda en la sección de observaciones)</p>
Observaciones:

Apéndice 4. Formato de lista de verificación – especificaciones por equipo.

Lista de verificación - Especificaciones por equipo	Sí	No	Observaciones
I. Identificación y Estado del Equipo			
¿El equipo tiene identificación visible? (placa, código, etiqueta)			
¿Se encuentra en condiciones operativas? (sin daños evidentes)			
¿Está limpio y libre de residuos?			
II. Disponibilidad y Uso			
¿El equipo está disponible para su uso?			
¿Se encuentra ubicado en la zona correcta de operación?			
¿Se observa un uso adecuado y seguro del equipo por parte del operador?			
¿Se hace uso del EPP adecuado para operar el equipo?			
III. Mantenimiento y Seguridad			
¿El equipo tiene registros de mantenimiento a la vista? (pegatinas, etiquetas, bitácoras)			
¿Se observan fugas de fluidos o desgaste en partes clave?			
¿Los dispositivos de seguridad están en buen estado? (luces, alarmas)			
¿El operador cuenta con equipo de protección personal adecuado?			

Apéndice 5. Formato de lista de verificación – generalidades.

Lista de verificación - Generalidades	Sí	No	Observaciones
I. Organización y Gestión			
¿Se nota una administración ordenada de la maquinaria?(zonas de estacionamiento, rutas de acceso despejadas)			
¿Se observa supervisión o monitoreo del uso de la maquinaria?			
¿El equipo tiene un responsable asignado para su uso y mantenimiento?			
¿Existen procedimientos claros para la asignación y uso de los equipos en las obras?			
¿Se revisa el estado del equipo antes de cada uso?			
¿El equipo es entregado a los operadores con un control de verificación de su estado?			
II. Almacenamiento y Resguardo del equipo			
¿El equipo fuera de uso se almacena en un área designada y segura?			
¿Las condiciones de almacenamiento protegen al equipo de daños o deterioro? (cobertizos, lonas)			
¿Existe un control de ingreso y salida del equipo almacenado?			
¿El equipo cuenta con medidas de seguridad para evitar robos o accesos no autorizados?			
¿El equipo se mantiene alejado de materiales combustibles o inflamables?			
¿El material de las superficies donde se almacena el equipo es adecuado para evitar daños?			
¿Se revisa el equipo cuando se entrega para asegurarse de que esté en buen estado?			
¿Se cuenta con un documento de registro de la entrega y revisión del equipo?			
¿El área de almacenamiento está limpia y libre de obstrucciones?			

Apéndice 6. Formato de rendimiento de toma de tiempos y movimientos.

Fecha:		
Información de la Maquinaria		
Código	Tipo de Máquina	Actividad Principal
Cantidad de trabajo realizado (unidad)		
Observaciones		

Intervalos de 5min	Trabajo Productivo	Descripción breve	Trabajo Contributivo	Descripción breve	Trabajo no Productivo	Descripción breve
00:00:00						
00:05:00						
00:10:00						
00:15:00						
00:20:00						
00:25:00						
00:30:00						
00:35:00						
00:40:00						
00:45:00						
00:50:00						
00:55:00						
01:00:00						
01:05:00						
01:10:00						
01:15:00						
01:20:00						
01:25:00						
01:30:00						
01:35:00						
01:40:00						
01:45:00						
01:50:00						
01:55:00						
02:00:00						
02:05:00						
02:10:00						
02:15:00						
02:20:00						
02:25:00						
02:30:00						
02:35:00						
02:40:00						
02:45:00						
02:50:00						
02:55:00						
03:00:00						

Apéndice 7. Metodología y Plan de Acción para la gestión de Maquinaria y Equipo en Proyectos de la Constructora Proycon S.A

Metodología para la gestión de Maquinaria y Equipo en Proyectos de la Constructora Proycon S.A.



Tábata Camacho Leitón
Trabajo Final de Graduación

TEC | Tecnológico
de Costa Rica

Apéndice 7. Metodología y Plan de Acción para la gestión de Maquinaria y Equipo en Proyectos de la Constructora Proycon S.A (Continuación)

Contenido

1

Introducción	2
Diagnóstico actual	3
Uso de maquinaria en mal estado	7
1. Implementar un plan de mantenimiento preventivo sistemático	7
1. Aplicar plan de inspección visual	8
2. Gestión de equipos de respaldo.....	10
3. Asegurar el cumplimiento normativo técnico y ambiental	10
4. Capacitar al personal técnico y operativo en mantenimiento y cumplimiento normativo.....	11
Disponibilidad de equipos ante alta demanda simultánea	13
1. Negociación con proveedores de alquiler para cubrir demandas críticas	13
2. Revisión mensual del estado y capacidad de la flota interna:.....	15
Cumplimiento normativo en seguridad activa	17
1. Evaluación y actualización de los equipos en uso	17
2. Inspección diaria de sistemas de seguridad	18
3. Seguimiento y control del cumplimiento normativo	18
Tiempos improductivos	19
1. Optimización de rutas de trabajo.....	19
2. Implementación de protocolos de pausas justificadas y rediseño del sitio.....	19
Ausencia de trazabilidad y registros técnicos visibles	22
1. Implementación de etiquetado visible y estandarizado en los equipos	22
Débil Control de Ubicación y Almacenaje de Maquinaria	24
1. Implementación de un sistema de gestión de inventarios digitalizado con control de ubicación ...	24
2. Optimizar el uso de las zonas de almacenamiento y protocolos de uso	25
3. Capacitación sobre los procedimientos de almacenamiento adecuado y control de movimientos	26
Asignación No Estandarizada Ni Digitalizada de Maquinaria a Tareas	29
1. Implementación de un sistema digital de gestión de tareas por equipo	29
Ausencia del uso sistemático de protocolos ante fallos de maquinaria	30
1. Desarrollo de un protocolo estandarizado de actuación ante fallos	30
2. Capacitación continua sobre el protocolo ante fallos	31
Conclusiones	34
Plan de Acción	35

Apéndice 7. Metodología y Plan de Acción para la gestión de Maquinaria y Equipo en Proyectos de la Constructora Proycon S.A (Continuación)

Introducción

2

El presente documento expone la metodología desarrollada para optimizar la gestión de maquinaria y equipo en los proyectos de la empresa Proycon S.A., en respuesta a las necesidades operativas y estratégicas identificadas durante la ejecución del Proyecto Concord. Esta propuesta metodológica surge como resultado de un diagnóstico integral, en el que se analizaron condiciones técnicas, organizativas y normativas que actualmente limitan la eficiencia, trazabilidad y disponibilidad de los equipos en obra.

La metodología no se limita únicamente al planteamiento de soluciones técnicas, sino que establece una estructura de mejora continua a través de acciones concretas en áreas críticas como el mantenimiento preventivo, el cumplimiento normativo, el almacenamiento, la planificación operativa y la digitalización de registros. Asimismo, se diseñaron formatos de control, estrategias de capacitación y herramientas de seguimiento para facilitar la aplicación práctica en campo.

El contenido de este documento está estructurado por áreas temáticas y responde a las problemáticas priorizadas mediante una matriz técnica que jerarquiza los hallazgos con base en su impacto en la eficiencia operativa. Cada sección incluye el planteamiento del problema, la solución metodológica propuesta y los pasos clave para su implementación, permitiendo una aplicación adaptable a distintos contextos dentro de la empresa.

Esta metodología busca ser una guía técnica y organizativa que fortalezca la capacidad de Proycon S.A. para administrar sus recursos de maquinaria de forma eficiente, segura y alineada con las exigencias actuales del sector construcción.

Apéndice 7. Metodología y Plan de Acción para la gestión de Maquinaria y Equipo en Proyectos de la Constructora Proycon S.A (Continuación)

Diagnóstico actual

3

El diagnóstico del sistema de gestión de maquinaria en Proycon S.A. fue realizado a través de diversas herramientas y métodos de recolección y análisis de información. Se aplicaron herramientas como listas de verificación, entrevistas, observación directa, toma de rendimientos y la investigación de normativa aplicable, tanto a nivel nacional como internacional. Este enfoque permitió identificar las áreas de mejora en la gestión de maquinaria, que afectan directamente la eficiencia operativa y la seguridad de los proyectos. A partir de este diagnóstico se realizó una matriz de problemáticas prioritarias (Figura 1).

Figura 1.

Matriz de problemáticas prioritarias

Problema identificado	Categoría	Impacto en eficiencia	Prioridad
Ausencia de trazabilidad y registros técnicos visibles (mantenimiento, inspecciones)	Control y trazabilidad	Alto	Alta
Débil control de ubicación y orden de almacenamiento de maquinaria	Organización y logística	Medio	Media
Asignación no estandarizada ni digitalizada de maquinaria a tareas	Planificación operativa	Medio	Media
Disponibilidad limitada de equipos ante alta demanda simultánea	Disponibilidad de recursos	Alto	Muy Alta
Uso de maquinaria en mal estado por falta de alternativas	Riesgo operativo	Alto	Muy Alta

Apéndice 7. Metodología y Plan de Acción para la gestión de Maquinaria y Equipo en Proyectos de la Constructora Proycon S.A (Continuación)



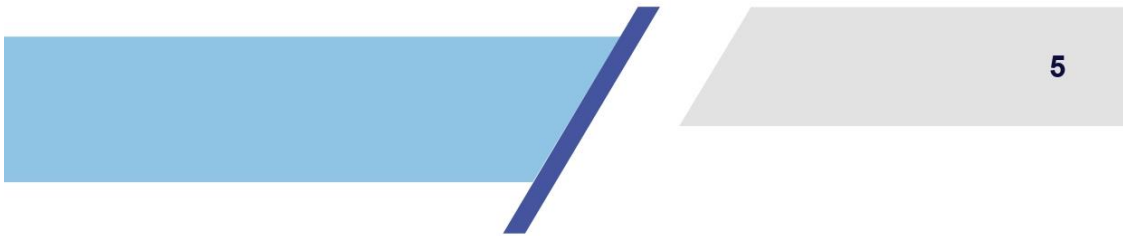
Falta de cumplimiento normativo en seguridad activa (alarmas sin sonido, anclajes inexistentes)	Cumplimiento normativo	Alto	Muy Alta
Tiempos improductivos, pausas no justificadas o mal diseño logístico y de sitio	Desempeño operativo	Alto	Alta
Ausencia del uso sistemático de protocolos ante fallos de maquinaria	Mantenimiento / capacitación	Medio	Media

El diagnóstico realizado permitió identificar una serie de problemáticas críticas que afectan directamente la eficiencia y seguridad en la gestión de maquinaria y equipo dentro del proyecto. Una de las más relevantes es el uso de maquinaria en mal estado, situación que no ocurre de forma aislada, sino que resulta de la combinación de otras deficiencias. Por un lado, se identificó la falta de mantenimiento preventivo sistemático, lo que ha generado una alta dependencia del mantenimiento correctivo. Esto provoca fallas imprevistas, tiempos muertos y una reducción significativa en la vida útil de los equipos. El mantenimiento no se ejecuta bajo una planificación regular ni con registros consistentes, lo que limita la capacidad de anticiparse a fallas y compromete la disponibilidad de maquinaria operativa en momentos clave del proyecto.

Por otro lado, esta situación se ve agravada por las restricciones derivadas del cumplimiento de normativas ambientales, como en el caso de proyectos certificados LEED, donde no se permite realizar mantenimiento en sitio. Esto obliga al traslado de equipos a talleres externos, lo que implica tiempos de inactividad adicionales y afecta la productividad en obra. La suma de estos factores ha derivado a que en ocasiones se utilicen equipos en condiciones inadecuadas, exponiendo al personal a riesgos y elevando los costos operativos por fallos reincidentes.

La disponibilidad limitada de equipos ante alta demanda simultánea se destaca como otro de los desafíos más importantes. En contextos de ejecución intensiva, como el Proyecto Concord, la empresa se ha enfrentado a una alta presión operativa con una flota

Apéndice 7. Metodología y Plan de Acción para la gestión de Maquinaria y Equipo en Proyectos de la Constructora Proycon S.A (Continuación)



interna insuficiente. Esto ha obligado a recurrir a la compra o alquiler urgente de maquinaria, muchas veces bajo condiciones poco favorables, afectando tanto la planificación como los costos del proyecto. La ausencia de mecanismos preventivos para anticipar estas necesidades ha dejado a la organización sin una estrategia efectiva de respaldo, comprometiendo el cumplimiento de cronogramas críticos.

A esto se suma la falta de cumplimiento normativo en aspectos de seguridad activa, como alarmas sonoras, luces de advertencia o anclajes visibles. Esta carencia pone en riesgo la integridad del personal y expone a la empresa a sanciones, especialmente en maniobras complejas o en trabajos en altura. La falta de estos sistemas compromete el cumplimiento de normativas internacionales como OSHA y limita la posibilidad de una operación segura.

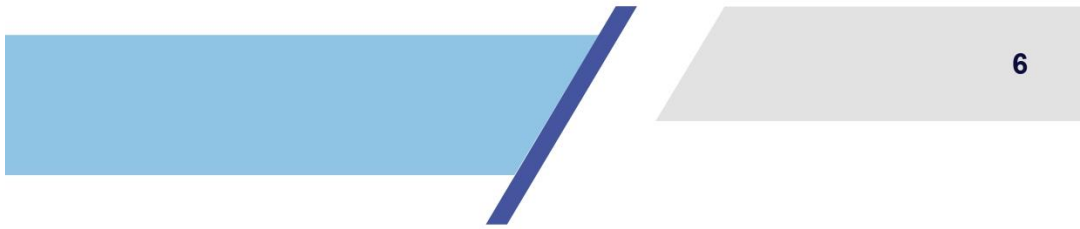
Otro hallazgo clave es la ausencia de trazabilidad y registros técnicos visibles, lo que dificulta el seguimiento de mantenimientos realizados, inspecciones o historial de fallos. Actualmente, no existe un sistema estandarizado que permita verificar en tiempo real el estado operativo de cada equipo. Esta falta de visibilidad restringe la toma de decisiones informadas y obstaculiza la planificación preventiva, además de reducir la transparencia en la gestión y dificultar la atención a auditorías internas o externas.

En el ámbito operativo, se observaron altos niveles de tiempos improductivos como resultado de pausas no justificadas, rutas logísticas ineficientes y ausencia de planificación detallada del sitio. Casos como detenciones por falta de combustible o desplazamientos prolongados hacia zonas de descanso reflejan la necesidad de rediseñar las dinámicas de trabajo para maximizar el uso efectivo de los equipos.

Asimismo, se evidenció un control débil sobre la ubicación y el almacenamiento de maquinaria. Aunque existen zonas designadas, estas no se utilizan adecuadamente, lo que genera desorden, aumenta el tiempo para localizar equipos y puede acelerar el desgaste por exposición a condiciones inadecuadas.

En cuanto a la asignación de maquinaria a tareas específicas, esta no está digitalizada ni estandarizada, lo que limita la trazabilidad del uso de cada equipo y complica la medición del rendimiento operativo. En muchos casos, no se mantiene una relación clara entre el equipo y las actividades ejecutadas, dificultando la evaluación de su desempeño o la detección de anomalías.

Apéndice 7. Metodología y Plan de Acción para la gestión de Maquinaria y Equipo en Proyectos de la Constructora Proycon S.A (Continuación)



Finalmente, se identificó la ausencia de protocolos estandarizados para la gestión de fallos de maquinaria, lo que genera respuestas improvisadas ante incidentes técnicos. Esta falta de lineamientos claros retrasa la atención de averías, incrementa los tiempos de inactividad y compromete la continuidad de las tareas programadas.

Uso de maquinaria en mal estado

7

Uno de los problemas más críticos identificados durante el diagnóstico es el uso de maquinaria en condiciones inadecuadas, producto de fallas no detectadas, falta de mantenimiento programado y escasez de alternativas disponibles en obra. Esta situación genera consecuencias directas como paradas no programadas, aumento en los costos operativos, riesgo de accidentes laborales e incumplimiento de normativas ambientales o de seguridad. Por ello, esta sección propone una solución integral que permita optimizar la operatividad y el cumplimiento técnico mediante un sistema estructurado de inspección diaria, mantenimiento preventivo, disponibilidad de equipos de respaldo, adaptación normativa y formación del personal.

Pasos clave para evitar el uso de maquinaria en mal estado:

1. Implementar un plan de mantenimiento preventivo sistemático

Actualmente, la empresa presenta una dependencia significativa del mantenimiento correctivo, lo cual ha generado tiempos muertos, sobrecostos y fallos no anticipados. Para mitigar esta situación, se propone implementar un plan de mantenimiento preventivo con acciones programadas según las horas de operación o la frecuencia recomendada por el fabricante. Se mencionó que cada equipo sigue una política de 6 años o 6000 horas de trabajo, ignorando lo recomendado por cada fabricante, además en campo se indicó que existían equipos con mucho más del tiempo límite de trabajo propuesto bajo esa política.

Acciones clave:

- Establecer un cronograma de mantenimiento por tipo de maquinaria, con base en las horas de uso y las recomendaciones del fabricante para cada equipo.
- Crear alertas o recordatorios visuales y digitales para asegurar la ejecución oportuna del mantenimiento.
- Documentar cada intervención en bitácoras físicas y digitales, integradas a los códigos QR ya implementados, en la Figura 2 se observa una propuesta de plantilla para la documentación de cada intervención a los equipos., este formato permite registrar de manera estructurada las intervenciones realizadas a cada equipo, incluyendo fecha, ubicación de la intervención, tipo de mantenimiento, estado operativo y horas de uso. Facilita el control técnico, la trazabilidad y el seguimiento del estado del equipo en obra.

Apéndice 7. Metodología y Plan de Acción para la gestión de Maquinaria y Equipo en Proyectos de la Constructora Proycon S.A (Continuación)

Acciones clave:

- Aplicar el formato de inspección diaria propuesto en la Figura 3, que incluye revisión de elementos operativos y de seguridad del equipo.
- Hay que asegurar que las inspecciones se realicen al inicio de la jornada por el operador o técnico responsable.
- Conservar los formatos manuales en sitio y establecer procedimientos para su digitalización a futuro.

Figura 3.

Propuesta de formato para inspección diaria de equipos



Plantilla de Inspección Diaria de Maquinaria		
Equipo: _____		
Fecha: _____		
Encargado de equipo: _____		
1. Revisión Visual Rápida		
Área a revisar	¿Está en buen estado?(✓/X)	Observaciones
Nivel de combustible		
Presión de llantas		
Niveles de aceite (motor/hidráulico)		
Fugas de aceite/combustible		
Frenos		
Funcionamiento de alarmas de reversa		
Funcionamiento de luces de advertencia		
Estado de neumáticos		
Sistema de seguridad (ejm: anclajes, sist. ascenso, sist. descenso)		
2. Condiciones Generales		
Área a revisar	¿Requiere acción inmediata?(✓/X)	Observaciones
Estado general del equipo (sucio, limpio, dañado)		
Señales de desgaste (cables, mangueras etc)		
Firma: _____		

3. Gestión de equipos de respaldo

Ante posibles fallas no programadas, es necesario contar con un inventario actualizado de equipos de respaldo en obra. Esta medida permite garantizar la continuidad operativa sin afectar los cronogramas del proyecto.

Acciones clave:

- Identificar y clasificar los equipos disponibles para respaldo por tipo, función y capacidad operativa.
- Realizar inspecciones periódicas para confirmar su estado y disponibilidad inmediata.
- Establecer lineamientos claros para su activación en caso de fallas en los equipos principales.

Esto no significa que estos equipos permanezcan sin operación durante el proyecto, sino que serán designados como posibles equipos de respaldo. Su activación como tales se realizará únicamente bajo lineamientos previamente establecidos. Mientras tanto, desempeñarán funciones regulares, de manera que, en caso de una urgencia, su disponibilidad permitirá dar continuidad al proyecto sin generar afectaciones significativas.

4. Asegurar el cumplimiento normativo técnico y ambiental

El uso de maquinaria en condiciones no conformes a la normativa de seguridad activa (como alarmas o sistemas de descenso defectuoso) o el incumplimiento de restricciones ambientales (como las establecidas por la certificación LEED), representa un riesgo operativo, legal y reputacional para la empresa. Por ello, el cumplimiento técnico y documental de estas normativas debe ser parte del protocolo operativo.

Acciones clave:

- Verificar que todos los equipos cuenten con sistemas de seguridad activa funcionales (alarmas, luces de reversa, etc.).
- Evaluar la adecuación de las actividades de mantenimiento en obra según exigencias del entorno, como certificaciones ambientales.
- Establecer restricciones o protocolos alternos para el mantenimiento en campo cuando el sitio lo requiera, como traslados programados a zonas externas autorizadas.

5. Capacitar al personal técnico y operativo en mantenimiento y cumplimiento normativo

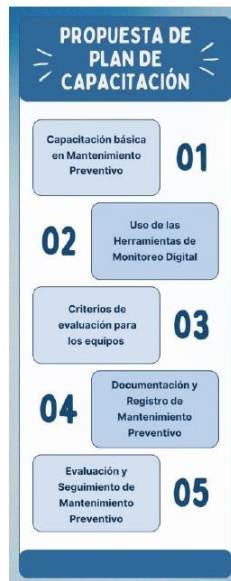
Para garantizar la efectividad de esta estrategia, es fundamental que el personal técnico y operativo esté debidamente capacitado en los procedimientos de inspección, mantenimiento y adecuación normativa.

Acciones clave:

- Aplicar un plan de formación estructurado por módulos, como se presenta en la Figura 4, que aborde desde los fundamentos del mantenimiento hasta el uso de herramientas de control.
- Realizar sesiones prácticas periódicas y validar el aprendizaje mediante la aplicación de casos reales.
- Garantizar que todos los participantes estén familiarizados con los criterios técnicos de inspección, uso de formatos y sistemas digitales de monitoreo.

Figura 4.

Propuesta de temas a tratar en capacitación acerca protocolos de mantenimiento



Apéndice 7. Metodología y Plan de Acción para la gestión de Maquinaria y Equipo en Proyectos de la Constructora Proycon S.A (Continuación)

El primer módulo tiene como objetivo proporcionar una comprensión sobre qué es mantenimiento preventivo y su importancia para la longevidad de los equipos. Se tratarán los beneficios del mantenimiento regular, que incluyen la reducción de costos y la mejora de la eficiencia operativa, así como las principales tareas de mantenimiento preventivo que deben llevarse a cabo regularmente.

El segundo módulo enseñará cómo utilizar las herramientas digitales disponibles para realizar el seguimiento de los equipos en tiempo real y registrar las actividades de mantenimiento. En particular, se abordará el uso de los códigos QR para monitorear el estado de las máquinas.

En el tercer módulo, el personal aprenderá los criterios y estándares necesarios para identificar cuándo un equipo ha llegado a un nivel de daño que requiere reparación. Se explorarán los diferentes criterios para evaluar el estado de los equipos, cómo reconocer las señales de fallas graves y los procedimientos a seguir cuando se detecta que un equipo necesita reparación urgente. Además, se establecerán los límites operativos y las condiciones de seguridad para el uso de equipos en mal estado.

El cuarto módulo se centrará en la importancia de llevar un registro detallado de todas las actividades realizadas durante el mantenimiento preventivo. Los participantes aprenderán qué debe incluir cada registro.

El último módulo se dedicará a enseñar cómo realizar evaluaciones periódicas para asegurarse de que el mantenimiento preventivo se esté llevando a cabo de manera efectiva. Se explicarán los procedimientos para realizar una revisión posterior al mantenimiento, cómo identificar posibles problemas adicionales y las mejores prácticas para hacer un seguimiento continuo de los equipos para verificar que estén funcionando correctamente.

Disponibilidad de equipos ante alta demanda simultánea

13

Durante el desarrollo del Proyecto Concord se evidenció a partir de lo afirmado por el encargado de maquinaria Pablo García que, en momentos de alta actividad simultánea, la cantidad de equipos disponibles resultó insuficiente para atender todas las tareas programadas. Esta situación provocó retrasos, tiempos improductivos y una sobrecarga operativa en el equipo disponible. La empresa identificó esta problemática como una de las principales causas de afectación a la continuidad del trabajo en obra.

Para mitigar este impacto, la presente metodología plantea acciones puntuales que permitan anticiparse a los picos de demanda, gestionar mejor la flota interna y apoyarse estratégicamente en proveedores externos. El objetivo es reducir los tiempos muertos y garantizar la disponibilidad de equipos en todas las fases del proyecto, sin necesidad de sobredimensionar la flota interna.

Pasos clave para garantizar la disponibilidad de equipos ante alta demanda simultánea:

1. Negociación con proveedores de alquiler para cubrir demandas críticas

Se hace evidente la necesidad de contar con un respaldo externo confiable. Esta acción propone formalizar acuerdos con empresas arrendadoras que permitan disponer de equipos adicionales con poco tiempo de antelación.

Acciones clave:

- Firmar convenios anuales con proveedores estratégicos, incluyendo cláusulas de prioridad de atención y disponibilidad garantizada.
- Establecer tiempos de respuesta máximos para la entrega de equipos en obra (ej. dentro de 48 horas).
- Evaluar periódicamente el cumplimiento de los proveedores mediante un formato estandarizado, que permita calificar aspectos clave como puntualidad en la entrega, estado operativo de los equipos, soporte técnico brindado y cumplimiento de condiciones contractuales. Este proceso debe ser realizado por el encargado de maquinaria del proyecto o, en su defecto, por un supervisor técnico designado, una vez que los equipos han sido retirados del sitio o al finalizar el contrato correspondiente. El propósito de esta evaluación es calificar aspectos críticos del servicio recibido, tales como el cumplimiento de los plazos de entrega, el estado operativo de los equipos, la documentación técnica, la atención ante fallos y el

Apéndice 7. Metodología y Plan de Acción para la gestión de Maquinaria y Equipo en Proyectos de la Constructora Proycon S.A (Continuación)



14

cumplimiento de las condiciones contractuales. Los resultados de la evaluación deben ser archivados junto con el expediente del proyecto y utilizados como insumo para la toma de decisiones en futuras contrataciones, así como para mantener un registro histórico de desempeño de los proveedores. Esta información debe gestionarse en una base digital o sistema de control interno, permitiendo su consulta rápida durante procesos de planificación, licitación o auditoría técnica. En la Figura 5 se presenta el formato estandarizado propuesto para llevar a cabo esta evaluación.

- Diseñar un protocolo interno de activación para alquiler de maquinaria en caso de escasez, que incluya:
 - ✓ Criterios para solicitar apoyo externo (por ejemplo: cuando más del 80% de la flota interna esté ocupada).
 - ✓ Responsable de autorizar la solicitud (jefatura de obra o encargado de maquinaria).
 - ✓ Formato estándar de solicitud (con tipo de equipo, ubicación, tiempo estimado de uso).
 - ✓ Canal directo de contacto con el proveedor (correo, teléfono).

Apéndice 7. Metodología y Plan de Acción para la gestión de Maquinaria y Equipo en Proyectos de la Constructora Proycon S.A (Continuación)



Figura 5.
Propuesta de formato para evaluación de proveedores.

PROYCON

Plantilla de evaluación de proveedores

Nombre del proveedor: _____
 Proyecto: _____
 Fecha de evaluación: _____
 Responsable: _____

Criterio de evaluación	Valoración (✓/X/ Parcial)	Observaciones
Cumplimiento de plazos de entrega acordados		
Disponibilidad real de los equipos solicitados		
Estado operativo de los equipos entregados		
Mantenimiento previo verificado		
Documentación entregada completa y a tiempo		
Facilidad de contacto y respuesta		
Cumplimiento de condiciones contractuales		
Soporte técnico en caso de falla		
Flexibilidad ante imprevistos en obra		
Satisfacción general del equipo técnico en obra		

Evaluación final del proveedor:
 Cumple satisfactoriamente
 Cumple con observaciones
 No cumple

Firma: _____

2. Revisión mensual del estado y capacidad de la flota interna:

Para evitar depender exclusivamente del alquiler, la flota propia debe mantenerse optimizada, tanto en condición operativa como en disponibilidad.

Acciones clave:

- Implementar un formato mensual de revisión técnica y operativa del inventario actual de maquinaria.
- Analizar reportes de uso acumulado por equipo para anticipar necesidades de rotación, mantenimiento o reemplazo.

Apéndice 7. Metodología y Plan de Acción para la gestión de Maquinaria y Equipo en Proyectos de la Constructora Proycon S.A (Continuación)

- Designar un responsable del monitoreo mensual que informe a la jefatura de obra sobre la capacidad real frente a las tareas programadas.

Aunque no se incluye como acción clave, la proyección anual de demanda de maquinaria ya ha sido adoptada por la empresa luego de la crisis operativa del Proyecto Concord. Este análisis permite planificar con antelación la cantidad y tipo de maquinaria necesaria por fase, mejorando la toma de decisiones estratégicas y reduciendo la dependencia de soluciones reactivas. Esta estrategia busca equilibrar el uso eficiente de los recursos propios con el respaldo de soluciones externas planificadas, garantizando así la continuidad de las operaciones sin comprometer los plazos del proyecto ni la calidad del trabajo.

Cumplimiento normativo en seguridad activa

17

Durante la fase diagnóstica del Proyecto Concord se detectaron equipos en uso que no contaban con todos los sistemas de seguridad activa requeridos, como alarmas operativas, luces de advertencia o sistemas de anclaje funcionales. Esta situación compromete la seguridad del personal en obra y representa un incumplimiento de normativas internacionales como las establecidas por OSHA y ANSI B30. Además, pone en riesgo certificaciones ambientales o de seguridad que puedan aplicar al proyecto, como LEED o Bandera Azul.

Para corregir esta situación, la metodología propone una serie de medidas orientadas a garantizar que toda la maquinaria en operación cumpla con los requerimientos de seguridad activa, mediante inspecciones diarias, adecuación de equipos y verificación documental. Aunque la empresa ya implementa un sistema de capacitación en seguridad, esta propuesta se enfoca en acciones técnicas y operativas aplicables directamente en campo.

Pasos clave para mejorar el cumplimiento normativo en seguridad activa:

1. Evaluación y actualización de los equipos en uso

Es necesario realizar una revisión técnica de todos los equipos asignados a obra para detectar posibles no conformidades en sus sistemas de seguridad. Esta revisión debe considerar tanto equipos propios como alquilados, e incluir alarmas sonoras, luces de reversa, señalización visible, frenos, sistemas de anclaje y otros dispositivos críticos. En caso de equipos que no puedan ser actualizados, se deberá considerar su reemplazo o restricción de uso.

Acciones clave:

- Aplicar un listado de verificación para identificar deficiencias en los sistemas de seguridad activa de cada equipo.
- Realizar las reparaciones o adaptaciones necesarias en coordinación con el equipo de mantenimiento.
- Priorizar el reemplazo progresivo de equipos que no puedan cumplir con los estándares exigidos.
- Documentar las intervenciones realizadas y actualizar la bitácora del equipo propuesta.

2. Inspección diaria de sistemas de seguridad

Antes del inicio de la jornada, cada operador deberá realizar una inspección básica del estado de los sistemas de seguridad de su equipo, verificando elementos como alarmas de reversa, luces de advertencia, indicadores visuales y dispositivos de sujeción. Esta acción preventiva permitirá detectar fallas visibles y evitar su uso en condiciones inseguras.

Acciones clave:

- Aplicar el formato de inspección diaria propuesto en el que incluye una sección específica para verificar componentes de seguridad activa.
- Asegurar que las inspecciones sean registradas y validadas por el supervisor de área.
- Retirar temporalmente de operación cualquier equipo que no cumpla con los criterios mínimos de seguridad hasta que sea corregido.

3. Seguimiento y control del cumplimiento normativo

El cumplimiento de las normativas debe ser monitoreado con evidencia documental. Esto implica mantener actualizado un registro de inspecciones, reparaciones realizadas, fechas de verificación y equipos que presentan no conformidades. A su vez, se pueden programar auditorías internas de seguridad cada trimestre como medida de refuerzo.

Acciones clave:

- Crear un registro técnico por equipo donde se documenten todas las intervenciones relacionadas con seguridad activa.
- Programar auditorías internas cada tres meses para evaluar el cumplimiento de los estándares establecidos.
- Designar un responsable de seguridad en obra que verifique el cierre oportuno de las no conformidades detectadas.

Estas acciones permiten asegurar que la maquinaria en obra no solo esté disponible, sino que opere bajo condiciones normativas seguras y verificables, protegiendo al personal y fortaleciendo la imagen profesional de la empresa ante clientes y entes reguladores.

Tiempos improductivos

19

Se identificaron múltiples situaciones que provocaron tiempos improductivos en el uso de la maquinaria. Entre ellas destacan: desplazamientos ineficientes dentro del sitio, pausas no justificadas durante jornadas activas, diseño inadecuado de la distribución operativa (baños y zonas de descanso lejanas), y detenciones inesperadas por fallas operativas básicas, como la falta de combustible. Estas situaciones afectaron la continuidad del trabajo, incrementaron los costos operativos y dificultaron el cumplimiento de los cronogramas.

Se plantea una serie de acciones concretas orientadas a reducir al mínimo los tiempos muertos asociados al uso de maquinaria, mediante la mejora de rutas de trabajo, la reorganización del sitio, el control de pausas y la prevención de interrupciones operativas.

Pasos clave para evitar los tiempos improductivos:

1. Optimización de rutas de trabajo

El diseño de rutas de desplazamiento dentro del sitio es esencial para evitar tiempos muertos causados por traslados innecesarios o mal planificados. Esto implica revisar la disposición actual del sitio, organizar la ubicación de materiales y equipos, y asegurar que las tareas estén distribuidas por zonas funcionales.

Acciones clave:

- Levantar un plano actualizado del sitio y proponer rutas de trabajo más directas para los equipos, minimizando cruces o bloqueos operativos.
- Asignar zonas específicas por actividad para evitar la dispersión de tareas y mejorar el flujo de trabajo.
- Ubicar materiales de uso frecuente y equipos auxiliares en zonas próximas a su punto de uso para reducir desplazamientos de maquinaria.
- Establecer zonas de carga/descarga y abastecimiento bien definidas, separadas de las áreas de circulación activa.

realizar una revisión previa del equipo, como se destacó en apartados anteriores.

2. Implementación de protocolos de pausas justificadas y rediseño del sitio

Las pausas excesivas o mal gestionadas son una fuente importante de tiempos improductivos. También lo son los desplazamientos innecesarios hacia baños o zonas de

Apéndice 7. Metodología y Plan de Acción para la gestión de Maquinaria y Equipo en Proyectos de la Constructora Proycon S.A (Continuación)

descanso, como se evidenció en obra. Para abordarlo, se propone un protocolo estructurado de pausas, complementado con ajustes en la distribución del sitio.

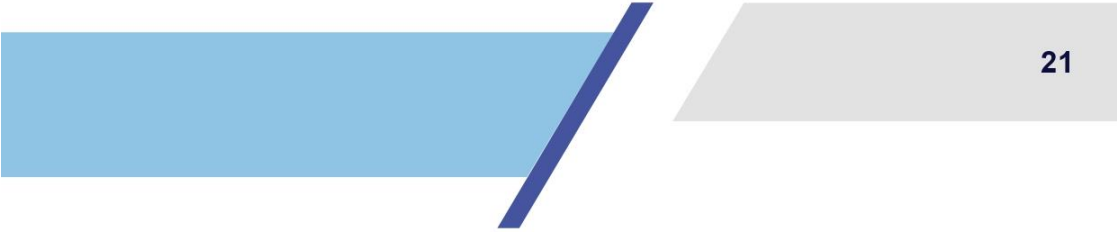
Acciones clave:

- Supervisar aleatoriamente el cumplimiento de los tiempos establecidos mediante rondas técnicas o apoyo del encargado de personal.
- Implementar señalización visible que indique rutas cortas hacia estas zonas, facilitando su acceso sin desviar maquinaria o personal innecesariamente.
- Establecer un mecanismo de retroalimentación con operarios para detectar cuellos de botella en la organización diaria.
- Estandarizar el uso sistemas de monitoreo operativo (ej. etiquetas QR, control por hora de uso) para obtener datos objetivos sobre desempeño. Si bien algunas de estas herramientas ya se aplican de forma parcial en ciertos equipos o proyectos, su uso aún no está unificado ni sistemáticamente documentado. Aprovechar esta infraestructura ya existente permitiría optimizar la trazabilidad operativa, detectar ineficiencias de forma anticipada y facilitar la toma de decisiones con base en información verificable.

Uno de los eventos registrados durante el desarrollo del proyecto fue la detención inesperada de un equipo debido a la falta de combustible, lo que evidenció deficiencias en el control previo al inicio de operaciones y una débil asignación de responsabilidades. Para prevenir este tipo de fallas básicas, se propone fortalecer la rutina de revisión operativa antes de cada jornada. Además, se recomienda establecer una rutina obligatoria al inicio del día para asegurar que todos los equipos estén en condiciones mínimas de funcionamiento. Finalmente, debe designarse un responsable por turno que verifique y valide que cada unidad esté lista para operar, garantizando así la continuidad operativa y reduciendo la probabilidad de interrupciones evitables.

Si bien muchas de estas situaciones responden a deficiencias logísticas o de planificación operativa, también se evidencian comportamientos del personal que reflejan una débil cultura organizacional, como pausas no justificadas o una actitud pasiva ante los tiempos de espera. Esto sugiere la necesidad de complementar las mejoras técnicas con estrategias orientadas a fortalecer el compromiso individual y colectivo del equipo en obra. La implementación de mecanismos de retroalimentación, supervisión directa y formación

Apéndice 7. Metodología y Plan de Acción para la gestión de Maquinaria y Equipo en Proyectos de la Constructora Proycon S.A (Continuación)



en responsabilidad operativa será clave para consolidar una cultura de eficiencia y corresponsabilidad en el uso de la maquinaria.

Ausencia de trazabilidad y registros técnicos visibles

22

Uno de los hallazgos recurrentes durante la etapa de diagnóstico fue la dificultad para acceder a información actualizada sobre el estado operativo y el historial de mantenimiento de los equipos en uso. En varios casos, los operarios desconocían el código del equipo o no sabían cuándo había sido su último mantenimiento, lo cual evidencia una falta de trazabilidad técnica y control visual en obra.

Para abordar esta situación, se propone estandarizar el uso del sistema de códigos QR ya iniciado por la empresa, complementándolo con etiquetas visibles adheridas directamente a cada equipo, que permitan verificar de forma rápida información esencial: código de identificación, tipo de equipo y frecuencia de mantenimiento programada (por horas de uso o intervalo de tiempo). Esta medida facilita el acceso inmediato a los datos clave tanto para operarios como para supervisores, sin necesidad de actualizar las etiquetas tras cada mantenimiento, lo cual resulta más práctico y sostenible para flotas extensas.

Pasos clave para optimizar la trazabilidad y registros técnicos visibles en maquinaria:

1. Implementación de etiquetado visible y estandarizado en los equipos

Es fundamental que cada equipo en operación cuente con una etiqueta física estandarizada y legible, ubicada en un lugar visible para el operario y demás funcionarios. Esta etiqueta debe incluir el código único del equipo y la frecuencia de mantenimiento requerida, como, por ejemplo: "cada 250 horas" o "cada 3 meses". Esto permitirá una verificación rápida sin depender exclusivamente del sistema digital, lo cual es útil en contextos donde el uso de dispositivos móviles está restringido.

Acciones clave:

- Revisar que todos los equipos cuenten con un código QR activo, actualizado y vinculado a su historial técnico.
- Diseñar e instalar etiquetas visibles en cada equipo con los siguientes campos: código, tipo de equipo y frecuencia de mantenimiento recomendada. En la Figura 6 se observa una propuesta de diseño de etiqueta.
- Designar a un responsable del área de mantenimiento para validar y mantener actualizada la información contenida en cada equipo antes de su colocación o modificación.

Apéndice 7. Metodología y Plan de Acción para la gestión de Maquinaria y Equipo en Proyectos de la Constructora Proycon S.A (Continuación)

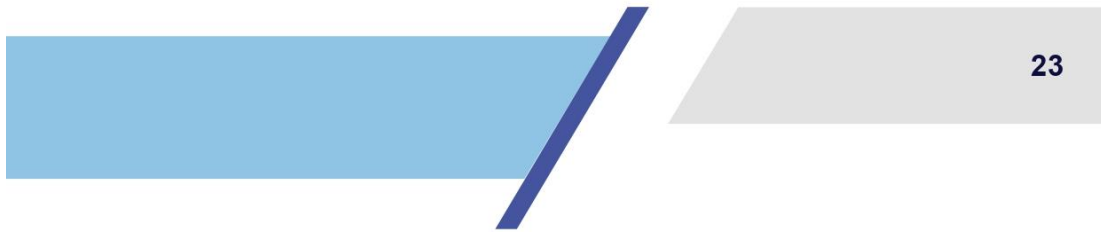



Figura 6.
Propuesta de diseño de etiqueta para equipo.

	
Código del equipo:	
Tipo de equipo:	
Frecuencia de mantenimiento (horas/meses):	

Esta medida mejora la trazabilidad en sitio, refuerza la cultura preventiva y asegura que los operarios tengan acceso inmediato a información clave que les permita operar los equipos con mayor responsabilidad y seguridad.

Débil Control de Ubicación y Almacenaje de Maquinaria

24

Mediante el diagnóstico del proyecto, se identificaron situaciones recurrentes de uso no autorizado de maquinaria, movimiento sin control y almacenamiento inadecuado de equipos en zonas no asignadas. En algunos casos, los operarios accedían a los equipos utilizando llaves genéricas o improvisadas, sin autorización directa del responsable del equipo. Esta situación generó desorden operativo, dificultó la trazabilidad de los equipos y provocó pérdidas de tiempo durante las jornadas de trabajo. Además, aunque existían zonas de almacenamiento designadas, no siempre eran respetadas ni estaban señalizadas adecuadamente.

Para resolver estas problemáticas, se plantea una estrategia integral basada en el uso de tecnología, el establecimiento de protocolos claros de movimiento y almacenamiento, y un proceso de capacitación enfocado en la responsabilidad operativa. El objetivo es garantizar que los equipos estén almacenados en zonas seguras y correctamente identificadas, y que cualquier movimiento esté autorizado, minimizando los riesgos y mejorando la eficiencia en el control de recursos.

Pasos clave para mejorar el control de la ubicación y almacenaje de maquinaria:

1. Implementación de un sistema de gestión de inventarios digitalizado con control de ubicación

Contar con un sistema digital que permita rastrear en tiempo real la ubicación de cada equipo es esencial para mantener la trazabilidad de la flota en obra. Este sistema, apoyado en el uso de etiquetas con códigos QR, debe permitir identificar qué equipos están en uso, cuáles fueron movidos y en qué zona se encuentran. Además, debe alertar a los responsables cuando un equipo sea desplazado sin autorización, lo cual evita el uso informal o incorrecto de maquinaria.

Acciones clave:

- Implementar un software de control de inventario que integre ubicación, historial y disponibilidad de equipos.
- Etiquetar cada equipo con un código QR o identificación visible, con el fin de facilitar su rastreo y control dentro del sitio de trabajo. Esta acción parte del hecho de que la empresa ya ha comenzado a implementar este tipo de herramientas, por lo que su estandarización y aplicación generalizada permitiría aprovechar una práctica existente y fortalecer la trazabilidad operativa.

- Configurar alertas automáticas para movimientos no autorizados o fuera de zona asignada.

La implementación puede comenzar con sistemas de control simples basados en formularios digitales y etiquetas QR vinculadas a bases de datos accesibles desde dispositivos móviles. Conforme la empresa consolide el uso de estas herramientas, podrá migrar hacia plataformas de gestión más automatizadas con mayor capacidad de integración y alerta.

2. Optimizar el uso de las zonas de almacenamiento y protocolos de uso

Aunque la empresa cuenta con áreas destinadas al almacenamiento de equipos, estas no siempre se utilizan correctamente, lo que genera desorden y retrasos. Se identificó que las zonas de almacenamiento carecen de delimitaciones visibles y rótulos claros, dificultando la correcta ubicación, localización y control de los equipos. Se propone fortalecer la señalización (visibilidad, ubicación estratégica y contenido claro y específico), delimitar claramente las áreas y establecer un protocolo obligatorio para el uso y devolución de los equipos. Además, se debe restringir el acceso a personal autorizado, evitando el uso de llaves comunes o improvisadas.

Acciones clave:

- Revisar y mejorar la señalización en las zonas de almacenamiento, asegurando su visibilidad y comprensión, mediante rotulación visible y duradera en cada zona de almacenamiento, utilizando códigos de color, nombres de área, pictogramas, carteles instructivos con normas de uso, puntos de acceso autorizados y rutas de traslado permitidas.
- Formalizar un protocolo de movimiento que incluya:
 - ✓ Autorización previa obligatoria para cada traslado de equipo, gestionada por el encargado de maquinaria o supervisor autorizado.
 - ✓ Identificación del personal responsable, operario que mueve el equipo y responsable que aprueba el traslado.
 - ✓ Ruta de traslado definida dentro del sitio para evitar interferencias o riesgos operativos.
 - ✓ Medio de autorización (formulario físico firmado o validación digital mediante escaneo de código QR).

- ✓ Procedimiento de notificación y sanción en caso de movimientos no autorizados o fuera de protocolo.
- Limitar el acceso físico a maquinaria mediante sistemas de llave controlada o asignación exclusiva a operarios responsables. Esto puede lograrse mediante sistemas de llave controlada, en los que las llaves de encendido son custodiadas por el encargado de maquinaria y entregadas únicamente a personal asignado, o mediante la asignación exclusiva de equipos a determinados operarios. Esta medida previene el uso indebido, reduce el riesgo de accidentes y mejora la trazabilidad de la responsabilidad sobre el equipo.

3. Capacitación sobre los procedimientos de almacenamiento adecuado y control de movimientos

Para asegurar la sostenibilidad de estas medidas, es fundamental que el personal involucrado esté capacitado y comprenda los motivos operativos, organizativos y de seguridad detrás de los nuevos procedimientos. Esta capacitación debe incluir a operarios, supervisores y encargados de maquinaria.

Acciones clave:

- Capacitar periódicamente a los operarios y supervisores sobre los procedimientos adecuados de almacenamiento de maquinaria y los protocolos de control de movimientos, en la Figura 7 se observa una propuesta de temas a tratar en la capacitación.
- Instruir a los operarios sobre las implicaciones de mover maquinaria sin la autorización adecuada, y las consecuencias operativas que esto puede generar.
- Implementar protocolos de comunicación clara para que los operarios notifiquen cualquier movimiento de equipos, especialmente si no están autorizados a hacerlo.

Esta estrategia combinada permite reforzar el orden operativo, evitar desplazamientos innecesarios, reducir riesgos en obra y asegurar que cada equipo esté disponible, ubicado y en condiciones óptimas de uso cuando se requiera.

Apéndice 7. Metodología y Plan de Acción para la gestión de Maquinaria y Equipo en Proyectos de la Constructora Proycon S.A (Continuación)



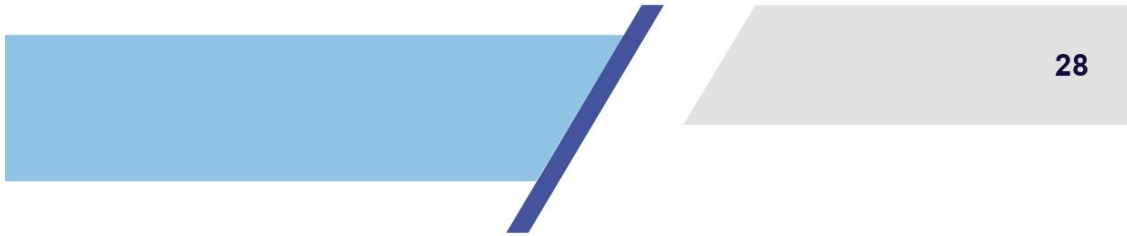
Figura 7.

Propuesta de temas a tratar en capacitación acerca procedimientos de almacenamiento y control de movimientos



El primer módulo tiene como objetivo capacitar a los operarios y supervisores sobre cómo almacenar correctamente la maquinaria en el sitio de trabajo, garantizando la seguridad y accesibilidad de los equipos. Se explicará la importancia de usar las zonas de almacenamiento definidas y cómo optimizar el espacio disponible.

Apéndice 7. Metodología y Plan de Acción para la gestión de Maquinaria y Equipo en Proyectos de la Constructora Proycon S.A (Continuación)



28

En cuanto al segundo módulo, este se enfocará en los protocolos que deben seguir los operarios para mover la maquinaria de forma segura y bajo las normas establecidas. Se enseñará a los operarios a respetar las zonas de almacenamiento y los procedimientos para mover la maquinaria solo con la debida autorización.

Finalmente, el tercer módulo tiene como objetivo enseñar a los supervisores el uso de herramientas digitales y sistemas de gestión para registrar y monitorear el movimiento y almacenamiento de los equipos.

Asignación No Estandarizada Ni Digitalizada de Maquinaria a Tareas

29

Si bien la maquinaria suele ser asignada a una persona responsable al inicio de su uso, no existe un registro formal ni estandarizado que permita conocer con precisión qué tareas específicas realiza cada equipo a lo largo del día. Esta ausencia de trazabilidad operativa impide tener control sobre el uso real de los equipos, limita el análisis de eficiencia y dificulta la toma de decisiones informadas sobre redistribución, tiempos muertos o necesidades de apoyo externo.

Para abordar esta situación, se propone implementar un sistema que permita registrar y dar seguimiento digital a la asignación de maquinaria a tareas concretas, garantizando así que cada equipo cuente con un historial visible de sus actividades. Esta solución no solo fortalece el control operativo, sino que también permite evaluar el rendimiento de los equipos y detectar posibles ineficiencias o usos inadecuados.

Pasos clave para mejorar el seguimiento operativo de la maquinaria:

1. Implementación de un sistema digital de gestión de tareas por equipo

Se recomienda establecer una plataforma digital que permita a los supervisores asignar cada equipo a una tarea específica, registrar cuándo se inicia y finaliza dicha tarea, y dar seguimiento al uso diario de la maquinaria. Este sistema puede integrarse con plataformas existentes como Procure o implementarse a partir de un archivo estructurado en Excel o Google Sheets, siempre que sea accesible para el equipo en campo.

Acciones clave:

- Diseñar un formato digital o semiautomático donde se registre el código del equipo, la tarea asignada, el operario a cargo y el periodo de ejecución.
- Capacitar a los supervisores en el uso del sistema para asegurar un registro consistente y actualizado.
- Si no se dispone de una plataforma robusta, se puede adaptar el inventario actual en Excel agregando una columna para anotar la actividad asignada a cada equipo diariamente.
- Establecer un proceso de verificación semanal para asegurar que los registros coincidan con el uso real de los equipos.

Esta propuesta permite una asignación más transparente, facilita auditorías internas, y aporta información clave para planificar la redistribución de maquinaria, evaluar la carga de trabajo y reducir los tiempos improductivos por falta de control.

Ausencia del uso sistemático de protocolos ante fallos de maquinaria

30

Los operarios no cuentan con un procedimiento estandarizado que guíe sus acciones. Esto provoca respuestas improvisadas, aumento del tiempo de inactividad, confusión en la asignación de responsabilidades y, en algunos casos, la omisión de acciones críticas para el control de daños. Esta situación compromete tanto la continuidad operativa como la seguridad en obra.

Para solucionar este problema, se propone desarrollar e implementar un protocolo de gestión de fallos que indique paso a paso cómo actuar ante diferentes tipos de incidentes con maquinaria, diferenciando entre fallos leves, graves y operativos. Esta herramienta debe ser clara, práctica y accesible para el personal en campo, asegurando que todos conozcan sus responsabilidades y las rutas de reporte ante cualquier eventualidad.

Pasos clave para establecer y aplicar protocolos ante fallos de maquinaria:

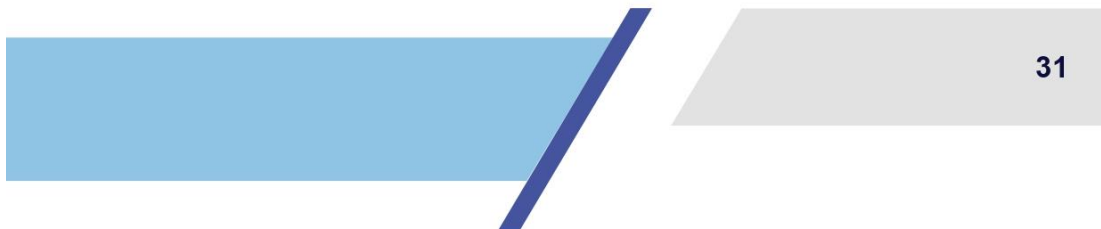
1. Desarrollo de un protocolo estandarizado de actuación ante fallos

Es necesario crear un documento práctico que describa los tipos de fallos más frecuentes por tipo de equipo, las medidas inmediatas que debe tomar el operario, los canales de comunicación para reportar el incidente y las responsabilidades asignadas a cada rol (operario, supervisor, técnico de mantenimiento).

Acciones clave:

- Es necesario crear un documento práctico que describa los tipos de fallos más frecuentes por tipo de equipo, las medidas inmediatas que debe tomar el operario, los canales de comunicación para reportar el incidente y las responsabilidades asignadas a cada rol (operario, supervisor, técnico de mantenimiento).
- Incluir en el protocolo indicaciones de seguridad, tiempos máximos de respuesta y formatos de registro del incidente, en la Figura 8 se observa una propuesta de este formato. Una vez completado el formato de reporte ante fallos, este debe ser entregado al encargado de maquinaria o al técnico de mantenimiento, quienes verifican el incidente, gestionan la atención correctiva y actualizan el historial del equipo. Los reportes se archivan física y digitalmente, y se utilizan para elaborar informes periódicos que permitan detectar fallos recurrentes. Con base en estos análisis, la jefatura de obra o el área técnica define acciones preventivas como ajustes en el mantenimiento, capacitaciones o mejoras operativas, con el objetivo de evitar que los incidentes se repitan.

Apéndice 7. Metodología y Plan de Acción para la gestión de Maquinaria y Equipo en Proyectos de la Constructora Proycon S.A (Continuación)



- Asegurar que el protocolo esté disponible en formato físico en los puntos de almacenamiento de equipos y también en versión digital en dispositivos autorizados.

Figura 8.

Propuesta de formato de reporte ante fallos

PROYCON

Plantilla de reporte ante fallos					
Fecha del incidente	Hora del incidente	Código del equipo	Descripción del incidente	Persona que reporta	Observaciones adicionales

Firma: _____

2. Capacitación continua sobre el protocolo ante fallos

Una vez implementado, el protocolo debe ser reforzado mediante jornadas de capacitación regulares. Todo el personal debe estar familiarizado con los procedimientos y comprender las implicaciones de no actuar según lo establecido.

Acciones clave:

Apéndice 7. Metodología y Plan de Acción para la gestión de Maquinaria y Equipo en Proyectos de la Constructora Proycon S.A (Continuación)

- Capacitar a todos los operarios en los protocolos de respuesta ante fallos de maquinaria, asegurándose de que comprendan tanto los procedimientos técnicos como las implicaciones de seguridad.
- En la Figura 9 se presenta una propuesta visual con los temas clave a abordar durante estas capacitaciones: introducción al protocolo, actuación ante fallos y monitoreo del cumplimiento.

Figura 9.

Propuesta de temas a tratar en capacitación acerca protocolos ante fallos



Apéndice 7. Metodología y Plan de Acción para la gestión de Maquinaria y Equipo en Proyectos de la Constructora Proycon S.A (Continuación)

El objetivo del primer módulo es proporcionar a los operarios una comprensión básica y general de los protocolos estandarizados para la gestión de fallos de maquinaria. Se busca que los operarios comprendan la importancia de seguir estos procedimientos en caso de una avería y cómo una respuesta rápida y organizada ante los fallos puede contribuir a la reducción de tiempos improductivos y mejorar la eficiencia operativa. Este módulo también servirá para familiarizar a los operarios con los tipos de fallos más comunes y las acciones a seguir según cada caso.

El segundo módulo busca enseñar a los operarios las acciones específicas que deben tomar cuando se presenta un fallo en la maquinaria, garantizando una respuesta inmediata y correcta. Este módulo se enfoca en la gestión adecuada de fallos de diferentes tipos de maquinaria, ayudando a los operarios a realizar las intervenciones necesarias de manera eficiente, con el fin de minimizar los tiempos de inactividad y reducir los impactos negativos en la operación. Además, se detallará la asignación de responsabilidades y la importancia de la comunicación rápida con los supervisores.

Finalmente, el objetivo del tercer módulo es capacitar a los supervisores en la supervisión activa y constante de la correcta aplicación de los protocolos de gestión de fallos. Los supervisores aprenderán a verificar en campo que los operarios sigan los procedimientos establecidos y a realizar auditorías periódicas para asegurar que los protocolos se cumplan de forma consistente. Además, el módulo incluirá la importancia de la retroalimentación continua a los operarios para mejorar la aplicación de los protocolos.

Conclusiones

34

La metodología desarrollada brinda una solución práctica y adaptada a los desafíos específicos de la gestión de maquinaria en proyectos constructivos de Proycon S.A. A partir del diagnóstico realizado en el Proyecto Concord, se identificaron ocho problemáticas clave que fueron abordadas con acciones concretas, responsables definidos y recursos claramente establecidos.

Uno de los principales aportes de esta propuesta fue integrar medidas técnicas y organizativas para atender fallas como el uso de maquinaria en mal estado, la falta de disponibilidad en momentos críticos, y el incumplimiento en seguridad activa. La metodología priorizó intervenciones que mejoran la continuidad operativa y la seguridad, mediante protocolos aplicables en obra y herramientas de seguimiento directo.

Otro logro significativo fue la estandarización de procesos que antes se ejecutaban de forma dispersa, como las inspecciones diarias, la asignación de equipos o el control de ubicación. Esto permitió consolidar una estructura más ordenada sin requerir grandes cambios en los sistemas existentes, facilitando así su implementación.

Además, se fortaleció la trazabilidad técnica a través del uso de herramientas ya introducidas por la empresa, como los códigos QR, listas de chequeo y registros digitales, dotándolas de un carácter sistemático que garantiza mayor control y evidencia para auditorías o toma de decisiones operativas.

Finalmente, la metodología plantea una ruta de mejora continua que puede adaptarse a otros proyectos dentro de la empresa. Su valor reside en su aplicabilidad directa en campo, en su enfoque modular y en su capacidad para alinear la gestión de maquinaria con los objetivos de eficiencia, seguridad y sostenibilidad exigidos por el sector.

Plan de Acción

35

El presente plan de acción, el cual se observa en la Figura 10, tiene como objetivo operacionalizar la metodología desarrollada para mejorar la gestión de maquinaria y equipo en proyectos constructivos de Proycon S.A., partiendo de los ocho problemas críticos identificados en el diagnóstico técnico. Cada problema se aborda mediante acciones concretas, responsables definidos y los recursos necesarios para su ejecución, lo que permite una implementación efectiva y contextualizada en obra.

En primer lugar, se atiende el problema de disponibilidad limitada de equipos en situaciones de alta demanda simultánea. Se proponen acciones como la negociación con proveedores de alquiler y la revisión mensual de la flota interna, con el objetivo de proyectar las necesidades por fase y evitar escasez en momentos críticos. Esto requiere como recursos una base actualizada de proveedores, planillas de disponibilidad y tiempo de supervisión técnica, bajo la responsabilidad del jefe de taller, el departamento de compras y los supervisores.

El uso de maquinaria en mal estado se soluciona mediante un enfoque integral que incluye el mantenimiento preventivo sistemático, inspecciones diarias y un plan de respaldo de equipos disponibles en campo. Para ello, se necesita contar con formatos de inspección, software de mantenimiento y personal capacitado, siendo responsabilidad del equipo de mantenimiento y supervisores de maquinaria.

Respecto al cumplimiento normativo en seguridad activa, se plantea la actualización de equipos conforme a normativa internacional y la realización de inspecciones de seguridad diarias. Esto incluye inversiones en señalización y adecuaciones técnicas, lideradas por el equipo de medio ambiente, salud y seguridad (EHS) junto con los supervisores de maquinaria.

Para reducir los tiempos improductivos, se propone el rediseño de rutas de trabajo, la optimización del sitio (zonas de descanso, baños, puntos de carga) y la gestión estructurada de pausas laborales. Esta estrategia requiere protocolos escritos, un plano de obra actualizado y la presencia de supervisores en campo, bajo la responsabilidad del ingeniero de proyecto, equipo EHS y supervisores.

Apéndice 7. Metodología y Plan de Acción para la gestión de Maquinaria y Equipo en Proyectos de la Constructora Proycon S.A (Continuación)

En cuanto a la trazabilidad de los equipos, se establece la estandarización de etiquetas visibles que indiquen su código y frecuencia de mantenimiento, junto con el uso del sistema de códigos QR digitalizados. Para implementar esta solución se requiere una base de datos técnica, tiempo programado para revisión de equipos y materiales de etiquetado, gestionado por el equipo de TI, mantenimiento y supervisores.

El problema del almacenamiento desordenado y el débil control de ubicación será atendido con la implementación de un sistema de rastreo digital, la señalización de zonas de almacenamiento y la capacitación del personal sobre protocolos de movimiento autorizado. Se requiere como recursos un sistema de rastreo, materiales impresos y personal técnico disponible, coordinado por el área de TI, el almacén y los supervisores de maquinaria.

Respecto a la asignación no estandarizada de maquinaria a tareas, se propone la digitalización del proceso de asignación para vincular cada equipo a las actividades programadas. Esto facilitará el seguimiento operativo diario y la trazabilidad. Esta acción requiere un formato digital simple, capacitación básica y la validación diaria en obra, responsabilidad del equipo de TI y supervisores de maquinaria.

Finalmente, para resolver la ausencia de protocolos ante fallos, se plantea el diseño de procedimientos estandarizados de respuesta, con formatos de reporte y jornadas de capacitación. Para esta acción se necesitarán plantillas de reporte, documentos impresos o digitales y sesiones formativas periódicas, lideradas por el equipo de mantenimiento y supervisores.

Este plan no incluye cronogramas detallados por tarea, ya que la implementación dependerá del tipo de proyecto, del momento de intervención y del avance en otras áreas de gestión interna. No obstante, proporciona una hoja de ruta clara, realista y adaptable que facilita la aplicación efectiva de la metodología desarrollada, permitiendo una mejora continua en la gestión de maquinaria de Proycon S.A.

Apéndice 7. Metodología y Plan de Acción para la gestión de Maquinaria y Equipo en Proyectos de la Constructora Proycon S.A (Continuación)

Figura 10.

Plan de Acción para la implementación de la Metodología

Problema	Acción	Responsable	Recursos necesarios
Disponibilidad de equipos	Negociar con proveedores, revisar flota mensualmente y proyectar necesidades por fase	Jefe de taller / Departamento de compras / Supervisores	Base de datos de proveedores, planillas de disponibilidad, tiempo de supervisión
Uso de maquinaria en mal estado	Implementar mantenimiento preventivo, inspección diaria y plan de respaldo	Mantenimiento / Supervisores	Formatos de inspección, software de mantenimiento, personal técnico capacitado
Cumplimiento normativo en seguridad activa	Actualizar equipos según normativas, realizar inspección diaria y auditorías de seguridad	Equipo de medio ambiente, salud y seguridad (EHS) / Supervisor de maquinaria	Señalización, presupuesto para actualizaciones
Tiempos improductivos	Rediseñar rutas de trabajo, controlar pausas y verificar condiciones mínimas al inicio	Ingeniero encargado de proyecto / EHS / Supervisores	Plano de obra actualizado, protocolos escritos, supervisores en sitio
Trazabilidad y registros técnicos visibles	Estandarizar uso de códigos QR y etiquetas visibles con frecuencia de mantenimiento	Departamento de Tecnologías de la Información (TI) / Mantenimiento / Supervisores	Etiquetas, base de datos digital, tiempo para revisión de equipos
Ubicación y almacenaje de maquinaria	Implementar sistema de rastreo, reforzar protocolos de almacenamiento y capacitar al personal	TI / Almacén / Supervisor de maquinaria	Sistema de rastreo digital, señalización, materiales impresos de capacitación
Asignación no estandarizada de maquinaria	Digitalizar asignación diaria de maquinaria y vincularla con actividades del proyecto	TI / Supervisor de maquinaria	Formato digital, capacitación básica, validación diaria en obra
Protocolos ante fallos	Diseñar y aplicar protocolos ante fallos, con formatos de reporte y capacitación	Mantenimiento / Supervisor de Maquinaria	Plantilla de reporte de fallos, documentos impresos/digitales, sesiones formativas