



DISEÑO DE UN PLAN DE OPTIMIZACIÓN DE ACTIVOS INDUSTRIALES PARA
LA COMPAÑÍA ECHEVERRI INVERSIONES CAMEL S.A.S

Design of an industrial asset optimization plan for the company Echeverri
Inversiones Camel SAS

PROYECTO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
MAGÍSTER EN INGENIERIA
MODALIDAD: PROFUNDIZACIÓN

LÍNEA DE ÉNFASIS: MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

AUTOR: RONALDO ECHEVERRY PATERNINA

MSc. Juan Santiago Villegas Lopez

UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE CIENCIAS APLICADAS E INGENIERÍA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA
MEDELLÍN
2024

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	8
2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
3	JUSTIFICACIÓN	12
4	OBJETIVOS	13
4.1	GENERAL	13
4.2	ESPECÍFICOS	13
5	MARCO TEÓRICO O MARCO CONCEPTUAL.....	14
5.1	ACTIVOS INDUSTRIALES.....	14
5.1.1	Red de vapor.....	15
5.1.2	Puente grúa.....	17
5.1.3	Valoración de Activos.....	18
5.1.4	Mantenimiento y Disponibilidad de Equipos.....	20
5.2	PLAN DE OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO	20
5.2.1	Enfoque Basado en el Ciclo de Vida	21
5.2.2	Diagnóstico de Fallos y Detección de Novedades.....	22
5.2.3	Rendimiento de los activos Industriales	23
5.2.4	Norma ISO 55000	23
5.2.4.1	¿Cómo opera en la gestión de los activos?	24
6	DISEÑO METODOLÓGICO	27
6.1	ENFOQUE CUALITATIVO	27
6.2	TIPO	27
6.3	Fases.....	27
6.4	Cronograma y presupuesto	28

6.5 Rutina de Acciones Comunes la Optimización de los Equipos.....	29
6.5.1 Inventario y Documentación	30
6.5.2 Planificación del Ciclo de Vida.....	30
6.5.3 Mantenimiento Preventivo y Predictivo	30
6.5.4 Gestión de Riesgos.....	30
6.5.5 Capacitación del Personal	31
6.5.6 Optimización de Operaciones.....	31
6.5.7 Monitoreo de Desempeño.....	31
6.5.8 Diferencias Específicas en la Aplicación de ISO 55000 para Cada Equipo	31
7 DESARROLLO DEL TRABAJO.....	33
7.1 Objetivo General.....	33
7.2 Contexto de la Organización	33
7.3 Gestión del Ciclo de Vida de los Activos	34
7.4 Técnicas de Diagnóstico y monitoreo de Fallos	38
7.5 Implementación de Estrategias de Optimización	38
7.6 Monitoreo y Evaluación del Desempeño	39
7.7 Mejora Continua del Plan	39
7.8 Comunicación y Reporte	39
8 RESULTADOS	41
8.1 Formatos para la Máquina de Vapor y el Puente Grúa.....	41
8.1.1 Evaluación del ciclo de vida.....	41
8.1.2 Evaluación del Riesgo.....	43
8.1.3 Evaluación del desempeño.....	46

8.1.4	Mantenimiento Preventivo	47
8.1.5	Evaluación de Eventos Críticos	48
8.1.6	Análisis financieros de renovación o repotenciación de activos	49
9	CONCLUSIONES.....	53
10	REFERENCIAS.....	57
11	APENDICES.....	61

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Esquema de la máquina de vapor</i>	16
<i>Figura 1. Esquema de Componente de Puentes-Grúa</i>	18

RESUMEN

La investigación tiene como finalidad diseñar de un plan de optimización para los activos industriales puentes grúas y la red de vapor de la compañía ECHEVERRI INVERSIONES CAMEL S.A.S. mediante un diagnóstico de la eficiencia del puente grúa y red de vapor de la compañía utilizando indicadores de rendimiento y economía que permita desarrollar un plan y una propuesta de optimización que contenga recomendaciones de uso y mantenimiento. La metodología es cualitativa de campo, basada en la recolección y análisis de datos relacionados con los indicadores de rendimiento y eficiencia de los equipos. Parte de los datos de la hoja de vida de los equipos y del diagnóstico, una propuesta de rutinas que permiten la implementación de estrategias de optimización, la monitoreo y evaluación del desempeño, la mejora continua y la comunicación y reporte. Los resultados arrojaron que la empresa opera las actividades de optimización de los activos industriales, sin embargo, no siempre se siguen los protocolos y estándares para la evaluación, con vista a una futura expansión de la empresa.

Palabras clave: Activo industrial, Red de vapor, Puente grúa, Optimización, Puente grúa

ABSTRACT

The purpose of the research is to design an optimization plan for the industrial assets, bridge cranes and the steam network of the company ECHEVERRI INVERSIONES CAMEL S.A.S, through a diagnosis of the efficiency of the bridge crane and steam network of the company using performance indicators. and economy that will allow the development of a plan and an optimization proposal that contains recommendations for use and maintenance. The methodology is qualitative field, based on the collection and analysis of data related to the performance and efficiency indicators of the equipment. Part of the data from the equipment resume and diagnosis, a proposal of routines that allow the implementation of optimization strategies, monitoring and evaluation of performance, continuous improvement and communication and reporting. The results showed that the company operates optimization activities for industrial assets, however, the protocols and standards for evaluation are not always followed with a view to future expansion of the company.

Keywords: Industrial asset, Steam network, Overhead crane, Optimization, Overhead crane, Steam engine

1 INTRODUCCIÓN

La implementación de procesos industriales es una tendencia que tiene su huella con el surgimiento de la revolución industrial, que fue un periodo donde se sistematizó de manera vertiginosa la industria durante el siglo XVIII, trayendo consigo una transformación económica, social y tecnológica que sin lugar a dudas dejó un registro en la historia de la humanidad. Hoy día la revolución de los procesos industriales inicia una nueva etapa que está relacionada con la digitalización y la implantación de herramientas tipo software y de inteligencia artificial utilizadas para mejorar en el control, seguimiento, los mantenimientos preventivos y correctivos de procesos industriales.

La finalidad de la optimización de los activos industriales es mejorar la eficiencia de estos activos considerando estándares establecidos que permiten desarrollar un análisis detallado del rendimiento de ellos equipos mediante una planeación y programación de tareas y actividades que permitan desarrollar una gestión para garantizar la optimización de los activos, planificar y programar, para con ello, reducir los costos operativos. Para lograr esto, se requiere de un diagnóstico de la eficiencia actual de estos equipos. Lo que además ayuda a reducir los costos asociados a mantenimiento correctivo una vez que se han planeado adecuadamente el mantenimiento preventivo utilizando indicadores clave de rendimiento y económicos.

Se considera de gran importancia la gestión de activos industriales, en la medida que, con la promoción y una mejor comprensión de cómo las prácticas de optimización pueden ser implementadas de manera efectiva en entornos industriales reales, para el éxito del proyecto, lo que puede generar enfoques útiles para otras empresas del sector industrial, enriqueciendo la información disponible respecto a prácticas probadas y resultados tangibles en la línea de mantenimiento industrial.

Lo planteado se constituya en una herramienta de gran interés no solo para el sector, sino que representa un avance para el desarrollo económico en general, para el crecimiento y el desarrollo del estado y de la región, ya que nos hace más competitivos en el diverso y cambiante mercado actual donde existe una carrera apresurada por los adelantos tecnológicos y la competitividad.

El trabajo se desarrolla a partir del planteamiento del problema y los objetivos; sigue con la descripción de un marco teórico y conceptual sobre el tema de estudio, describiendo la valoración de los activos industriales, el plan de optimización y la normativa pertinente. Posteriormente se plantea el enfoque metodológico y las rutinas y acciones necesarias para la implementación, para con ello proceder al desarrollo del trabajo mediante una guía que contiene los pasos del proceso de optimización, formatos y verificaciones que dan lugar a la obtención de resultados y conclusiones del estudio. Los resultados indicaron que la empresa realiza actividades para la optimización de los activos industriales, sin embargo, no siempre se siguen los estándares en todos los procesos de evaluación con vista a la reducción del riesgo frente a una futura expansión de la empresa.

2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la empresa ECHEVERRI INVERSIONES CAMEL S.A.S. conocida como Postel Camel, se encuentra ubicada en Montería y con más de 20 años en el mercado, se enfrenta a un problema significativo relacionado con la optimización de sus activos industriales clave: los puentes grúa y la red de vapor. La compañía, que se especializa en la fabricación y transporte de postes para diversos usos, ha evolucionado continuamente para mantenerse al día con las tecnologías industriales (Postes Camel, 2024). A pesar de las inversiones en equipos críticos como puentes grúa y calderas de vapor, la empresa carece de una evaluación sistemática de la eficiencia y un plan de mantenimiento adecuado para estos activos.

La falta de indicadores de eficiencia y de un plan de mantenimiento preventivo ha llevado a la compañía a una situación en la que no puede evaluar adecuadamente si el funcionamiento de estos equipos está dentro de los parámetros óptimos. Esta deficiencia en el conocimiento y control sobre el rendimiento de los equipos impide la implementación de mejoras efectivas y la toma de medidas proactivas ante posibles fallos. Como resultado, la eficiencia en el proceso de fabricación se ve comprometida, afectando negativamente la competitividad de la empresa y limitando su capacidad de expansión en el mercado.

El planteamiento del problema de investigación se centra en el diseño de un plan de optimización para los puentes grúa y la red de vapor. El objetivo general es mejorar la eficiencia de estos activos mediante un análisis detallado de su rendimiento. Para lograr esto, se propone diagnosticar la eficiencia actual de estos equipos utilizando indicadores clave de rendimiento y económicos. Con base en este diagnóstico, se desarrollará un plan de optimización que permita operar estos activos al máximo rendimiento. Finalmente, se elaborará una propuesta de optimización con recomendaciones específicas para el uso y mantenimiento de los

equipos, buscando asegurar su funcionamiento óptimo y contribuir a la mejora continua de la empresa.

De no ejecutarse el proyecto de optimización, la empresa podría enfrentar consecuencias que comprometerían su operatividad y competitividad, lo cual trae consigo la ineficiencia operativa generalizada, donde los puentes grúa y la red de vapor no funcionarían al máximo de su capacidad, afectando el proceso de fabricación. Además, la existencia de un plan de mantenimiento preventivo, puede reducir los costos operativos, sin dejar de lado que las reparaciones de urgencia acompañada de tiempos inactivos se volverían en gastos adicionales que impactarían la rentabilidad, con efecto a largo plazo como reducción de la competitividad y menor atracción de sus productos frente a los de los competidores.

Para mantener la competitividad en el mercado es necesario que la compañía conozca los datos de funcionamiento y operación de la maquinaria, para trazar rutas de mejora de la eficiencia y plantear medidas de acción ante situaciones de fallo de los equipos (Carrera, 2022).

Finalmente, la empresa perdería valiosas oportunidades para identificar áreas de mejora y optimizar sus procesos. La falta de datos precisos sobre el rendimiento de los equipos dificultaría la toma de decisiones informadas sobre futuras inversiones y mejoras tecnológicas, impidiendo a la empresa mantenerse a la vanguardia en un mercado competitivo. En resumen, no abordar este proyecto de optimización podría tener un impacto adverso significativo en la eficiencia operativa, los costos, la competitividad, la capacidad de expansión, la seguridad y la capacidad de la empresa para identificar y aprovechar oportunidades de mejora. La implementación del plan de optimización es, por tanto, crucial para garantizar el éxito continuo y el crecimiento sostenible de la empresa.

De acuerdo con los datos expuestos, se puede plantear la siguiente pregunta de investigación.

¿Qué acciones se pueden implementar para optimizar el funcionamiento y mantenimiento de los puentes grúas y la red de vapor de la compañía ECHEVERRI INVERSIONES CAMEL S.A.S?

3 JUSTIFICACIÓN

La optimización de los puentes grúa y la red de vapor en ECHEVERRI INVERSIONES CAMEL S.A.S. es esencial desde una perspectiva práctica para garantizar el funcionamiento eficiente de los procesos de fabricación. Dada las inversiones en estos activos industriales, se requiere que estos operen a su máxima capacidad para aprovechar al máximo la inversión. Sin un plan de optimización, la empresa corre el riesgo de operar con equipos que podrían no estar funcionando de manera óptima, lo que puede resultar en costos operativos elevados debido a reparaciones imprevistas y tiempos de inactividad, por lo cual la implementación de un plan que permita evaluar y mejorar la eficiencia de estos activos ayudará a reducir los costos operativos, prevenir fallos y asegurar una operación continua y efectiva, lo cual es fundamental para mantener la estabilidad y mejorar la productividad en el entorno industrial.

Desde un enfoque organizacional, la optimización es crucial para mantener y mejorar la competitividad de la empresa, reducción de costos, tiempos de inactividad y una menor capacidad para cumplir con los plazos de entrega de los productos, asegurando una mayor fiabilidad en sus procesos de fabricación.

Desde una perspectiva académica, este proyecto de optimización ofrece una valiosa oportunidad para aplicar y ampliar conocimientos teóricos y metodológicos en la gestión de activos industriales. Permite la integración de conceptos avanzados de eficiencia operativa, análisis de rendimiento y mantenimiento predictivo, contribuyendo al cuerpo de conocimiento en estas áreas. La investigación aplicada proporciona un estudio de caso que puede servir como referencia para futuros estudios y proyectos académicos, promoviendo una mejor comprensión de cómo las prácticas de optimización pueden ser implementadas de manera efectiva en

entornos industriales reales. El éxito del proyecto puede generar enfoques útiles para otras empresas del sector, enriqueciendo la literatura académica con prácticas probadas y resultados tangibles y especialmente la línea de mantenimiento industrial de la universidad EAFIT.

4 OBJETIVOS

4.1 GENERAL

Diseñar de un plan de optimización para los activos industriales puentes grúas y la red de vapor de la empresa ECHEVERRI INVERSIONES CAMEL S.A.S.

4.2 ESPECÍFICOS

- Diagnosticar la eficiencia del puente grúa y red de vapor de la compañía mediante indicadores claves de rendimiento y economía.
- Desarrollar un plan de optimización para el puente grúa y red de vapor que permita su operación al máximo rendimiento.
- Proponer una propuesta de optimización con base en lo desarrollado que contenga recomendaciones de uso y mantenimiento.

5 MARCO TEÓRICO O MARCO CONCEPTUAL

El marco teórico incluye la exposición organizada las teorías, investigaciones y los antecedentes que soporten la validez de los resultados que se esperan obtener del estudio a partir de las variables activos industriales y plan de optimización.

5.1 ACTIVOS INDUSTRIALES

Los activos industriales son recursos esenciales en el funcionamiento de una empresa de producción, partiendo de los activos fijos, que incluyen maquinaria y equipos utilizados en el proceso de producción, fundamentales para transformar materias primas en productos terminados. Los edificios e instalaciones son otro componente crítico, ya que proporcionan el espacio físico donde se lleva a cabo la producción. Además, los vehículos industriales, como camiones y grúas, juegan un papel importante en el transporte de materias primas y productos dentro y fuera de la planta.

Hablar de activos industriales requiere de considerar la tecnología, y variables económicas para considerar el relevo de las unidades susceptibles a fallas, u obsolescencia (Pérez, 2020; Parra et al., 2021), lo que denota una adecuada gestión

En el ámbito de los activos intangibles, encontramos las patentes y licencias que representan derechos sobre tecnologías o procesos de producción. También el software de gestión es crucial, ya que facilita el control de la producción y el mantenimiento de los activos. Los activos de mantenimiento y repuestos son fundamentales para la continuidad operativa, entre ellos las herramientas de mantenimiento se utilizan para llevar a cabo tareas preventivas, correctivas y de mejora (Parra et al., 2021), mientras que los repuestos permiten reemplazar componentes desgastados o defectuosos en la maquinaria.

Para el caso específico del estudio, se tendrán en cuenta los activos industriales, que se utilizan en una fabricación de postes. Puntualmente, la red de

vapor es esencial para completar procesos como el curado del concreto mediante el aumento de temperatura, donde el vapor acelera el endurecimiento, mejorando la eficiencia y calidad del producto. Por otro lado, el puente grúa facilita la manipulación y transporte de materiales pesados, como moldes y postes terminados con la utilización de monos personal, optimizando el flujo de trabajo y reduciendo los riesgos laborales.

Ambos activos son vitales para garantizar la producción continua, segura y de alta calidad, contribuyendo al rendimiento operativo y la competitividad de la fábrica. A continuación, se realizará una descripción de ellos mismos:

5.1.1 Red de vapor

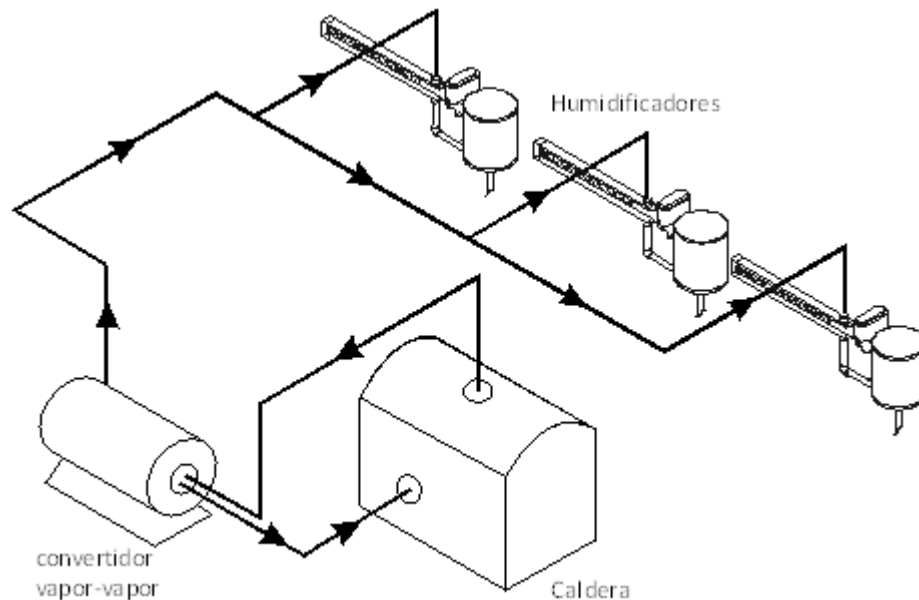
El empleo de vapor como fluido térmico tiene asociado un sistema básico de trabajo: generación, transporte y utilización. En consecuencia, la obtención del vapor ocurre en un generador de vapor que, por lo general suele ser una caldera que emplea combustible para elevar la temperatura del fluido de trabajo hasta llevarlo al valor deseado por la operación.

La caldera es un depósito de metal que aumenta la presión por encima de la atmosférica, cambiando el estado del mismo para el uso en el proceso de fuerza de las plantas industriales, mediante transferencia de calor, producida por la energía calorífica de un combustible al entregar dicho calor a un fluido que circula dentro del recipiente metálico (Valle, 2021).

En la empresa ECHEVERRI INVERSIONES CAMEL S.A.S, la red de vapor opera utilizando 100% el gas natural como combustible.

Figura 1.

Esquema de la Máquina de Vapor



Nota. Fasair (2020)

El modelo de operación de la red de vapor, permite que después de que el fluido sale como vapor desde la caldera, debe ser transportado hacia los puntos de uso mediante una red de tuberías prediseñada y calculada de acuerdo a los requerimientos de la industria. Inicialmente hay una o más tuberías principales para el transporte del vapor desde la generación hasta su punto de uso. Luego de ser llevado hasta los puntos de la planta donde se va a hacer uso del vapor, se deriva una tubería secundaria que será la encargada de transportar el vapor hasta el equipo.

Además, hay una red de tuberías especiales para el condensado, que se genera luego del uso del vapor. Si este es una cantidad considerable, puede usarse como parte del agua de alimentación de la caldera y de esta manera tener un líquido precalentado a la entrada de la generación de vapor disminuyendo el trabajo

necesario para aumentar la temperatura del fluido de trabajo en el interior del proceso (Montoya Rendón, 2021).

Con lo referido, las calderas son equipos muy confiables, sin embargo, deben ser considerados los costos del vapor y las pérdidas que puede generar tener la red de vapor sin aislamiento térmico (Fasair 2020) y en el caso de las fábricas de postes vale la pena centrarse más que todo en la pérdida de calor, tanto en la línea de vapor, como dentro el proceso de fraguado del poste. Para Caicedo et al. (2023) el aislamiento térmico es favorable porque además de reducir costos, contribuye a la menor emisión de gases de efecto invernadero, concretamente, el dióxido de carbono.

5.1.2 Puente grúa

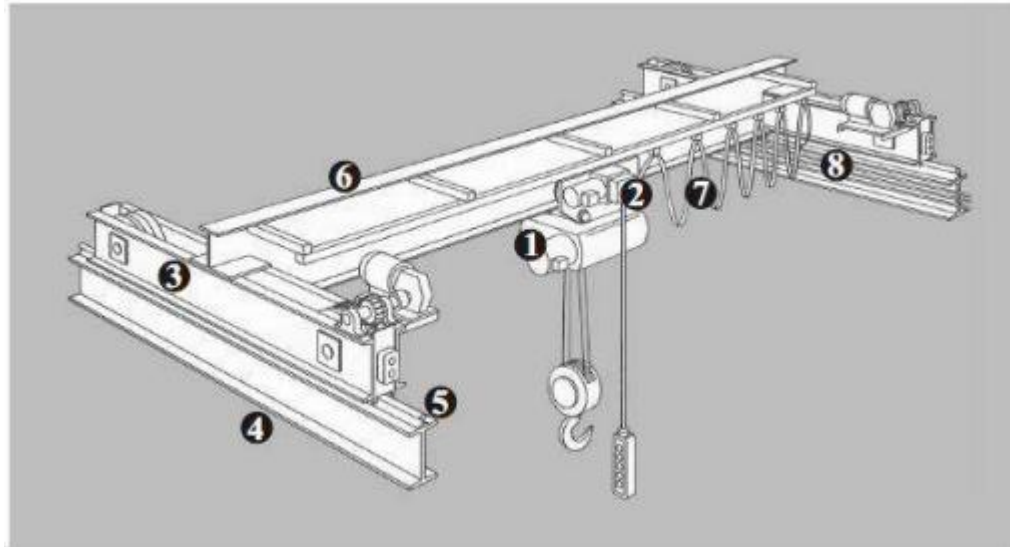
El puente grúa es un equipo útil para la movilización de cargas, a lo largo y ancho de las naves industriales. Comúnmente usada en labores de mantenimiento, cuando una pieza o repuestos de equipos, necesitan ser movilizadas de la nave. El diseño del puente grúa depende de muchos factores, tales como carga máxima a levantar, altura de la edificación y frecuencia de uso (Panta Miranda, 2021).

Está compuesto por ocho elementos, que son: (1) Polipasto (2) Carro o *trolley* (3) Viga testera (4) Viga carrilera (5) Riel (6) Viga puente (7) Electrificación de puente grúa (8) Electrificación de viga carrilera. Opera utilizando 70% la energía solar como combustible.

En la Figura 2, se aprecia el esquema de operación del puente en la empresa de estudio.

Figura 2

Esquema de Componente de Puente-Grúa



Nota. Tomado de Panta Miranda (2021).

El diseño del puente grúa puede tener características específicas, algunas por cuenta del fabricante; sin embargo, se necesitan datos que deben ser proporcionados por el cliente final de la nave industrial (Panta Miranda, 2021) para garantizar su operabilidad.

Una pieza importante en el puente grúa, son los engranajes, que son piezas mecánicas giratorias con excelente eficiencia de transmisión de potencia, ampliamente utilizados en máquinas herramienta, automóviles, maquinaria industrial e industrias de la aviación (Song et al., 2019). La calidad y optimización de este elemento es fundamental para mantener su vida útil.

5.1.3 Valoración de Activos

La valoración de los activos es uno de los procesos críticos en contabilidad y finanzas que intenta medir el valor actual de los activos de una empresa. Existe para varios propósitos: toma de decisiones, auditoría y presentación de informes

financieros y de rendimiento de la maquinaria y equipos. La valoración requiere la aplicación de técnicas de evaluación precisas y la consideración de factores como el estado actual del activo, su potencial de generación de ingresos futuros, y las condiciones del mercado.

Los activos tangibles, como la maquinaria o equipo, generalmente se valoran utilizando varios métodos basados en el principio del costo histórico menos la depreciación acumulada; este último supone que estos elementos se deprecian con el tiempo porque sufren desgaste y obsolescencia. Los métodos comunes usados para valorar los activos incluyen: **método del costo**, donde se busca obtener el costo de reposición, el cual es el necesario para reemplazar o construir un activo de la nada de nuevo, donde se consideran otros valores como el valor residual, considerando la vida útil consumida y el grado de obsolescencia del activo, e igualmente los costos de adquisición y puesta en marcha del equipo; el **método de mercado**, consiste en cuánto cuesta en condiciones un activo similar en un mercado abierto; y **método de ingreso**, consiste en estimar valor presente basado en los beneficios futuros estimados, comúnmente se obtiene mediante la capitalización de los ingreso futuros esperados (SAAF, 2023).

La correcta valoración de los activos industriales es crucial para la toma de decisiones estratégicas. (Sampson, 2023) propone un método simple y transparente, el múltiplo de valor de la empresa al capital invertido (EVIC), para estimar el valor de los activos imponibles, especialmente útiles en sectores donde los activos son un factor clave de valor. Este modelo es particularmente ventajoso para los sectores de servicios públicos y propiedades industriales que combinan bienes reales, personales e inmateriales.

Para los efectos de este estudio se tendrán en cuenta, los activos industriales, como la red de vapor y el puente grúa, que están estrechamente ligados al transporte interno de materias primas y la producción dentro de la planta.

Un enfoque para la valoración de los activos es la estimación del valor de mercado, que consiste en determinar el precio al cual un activo podría venderse en el mercado abierto. Este cálculo se basa en varios factores, incluyendo el análisis de ventas comparables, el estado actual del activo, y las condiciones del mercado. En el contexto empresarial, se evalúan aspectos como ingresos, beneficios y crecimiento potencial, lo cual se requiere para transacciones, inversiones y evaluaciones financieras, proporcionando una referencia objetiva y precisa del valor de un activo en condiciones normales de mercado.

La estimación del valor de mercado tiene efectos significativos en la ingeniería y la maquinaria, impactando la evaluación y depreciación de activos, decisiones de inversión y financiamiento, y la negociación en transacciones de compra y venta. Conocer el valor actual de la maquinaria ayuda a las empresas a decidir entre reparaciones o reemplazos, optimizando recursos y mejorando la eficiencia y la eficiencia operativas (Parra et al., 2021). Además, una valoración precisa es esencial para asegurar adecuadamente los equipos y planificar estratégicamente la renovación tecnológica, garantizando así una gestión efectiva y rentable de los activos a largo plazo.

5.1.4 Mantenimiento y Disponibilidad de Equipos

La disponibilidad de los equipos y máquinas en el proceso industrial influye considerablemente en la eficiencia y la producción. Diestra et al. (2017) destacan la importancia de ajustar los planes de mantenimiento para minimizar el riesgo de horas sin funcionamiento y mejorar los indicadores de producción. Zamora (2022) añade que el mantenimiento frecuente de las redes de vapor en el proceso industrial es esencial para garantizar que los procesos se desarrollen de manera eficiente y sin retrasos, sugiriendo una revisión constante de la potencia de funcionamiento para aplicar medidas correctivas oportunas.

5.2 PLAN DE OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO

La gestión de activos industriales se refiere a la administración y optimización de los activos tangibles e intangibles de una empresa para maximizar su rentabilidad

y eficiencia operacional. Según Amadi-Echendu (2021), la gestión de activos en la era 4IR (4^{ta} Revolución industrial) y Society 5.0 (Santamaría, 2022) (Sociedad 5.0, concepto originado en Japón) requiere un enfoque integral que incluya la ingeniería, la ciencia, la técnica, aspectos legales, financieros, TIC, logística y la gestión de personas; La formación profesional de los trabajadores, es fundamental para mantener la competitividad y eficiencia.

Un plan de optimización en ingeniería, es una estrategia integral diseñada para mejorar la eficiencia y el rendimiento de sistemas o procesos específicos dentro de un entorno industrial o tecnológico que tiene como objetivo maximizar el uso de los recursos disponibles y lograr los mejores resultados en términos de costos, tiempo y calidad, en este caso, de los activos.

El proceso comienza con un análisis detallado del sistema o proceso que se desea optimizar. Se recopilan datos relevantes, como tiempos de operación, costos de materiales y el rendimiento general, utilizando herramientas como el análisis de flujo de trabajo y métricas de rendimiento. Con esta información, se identifican las áreas problemáticas y las oportunidades de mejora, tales como cuellos de botella en el proceso o alta variabilidad en la calidad. Estos problemas se priorizan en función de su impacto en el rendimiento general (Maleki et al., 2022).

La gestión y optimización de activos industriales, es enfoque integral que maximiza la eficiencia y la durabilidad de los activos a lo largo de toda su vida útil, buscando garantizar que los activos industriales sean gestionados de manera eficiente, se mantengan en buen estado durante su vida, y funcionen de manera óptima, lo cual contribuye a una operación más fiable y rentable. Se conocen una variedad de metodologías para la optimización de los activos industriales.

5.2.1 Enfoque Basado en el Ciclo de Vida

Las soluciones industriales pueden diseñarse desde una perspectiva de ciclo de vida, lo que requiere la transición de los sistemas industriales. Esto puede lograrse mediante estrategias de prolongación de la vida útil o de recuperación,

considerando que el concepto de fin de vida y la eliminación se sustituyen por la restauración para prolongar la vida útil del producto y restaurar el material y los desperdicios de energía.

Uno de los principales desafíos frente a este enfoque circular es elegir las mejores prácticas de mantenimiento preventivo y recuperación del activo. Para abordar esta necesidad, que ayuda a la transición de una solución industrial del servicio en el tiempo, se puede aplicar la cadena de "observación-análisis-actuación" para los servicios industriales (Maleki et al., 2022). De acuerdo con esto, a la máquina se le considera un activo que más bien, presta un servicio durante un periodo de tiempo, que debe ser objeto de acciones para maximizar su beneficio.

5.2.2 Diagnóstico de Fallos y Detección de Novedades

Dado el papel estratégico que desempeña el mantenimiento para lograr la rentabilidad y la competitividad, muchas industrias están dedicando esfuerzos y recursos en mejorar sus enfoques de mantenimiento. El concepto de la Smart Factory y la posibilidad de plantas altamente conectadas permiten la recopilación de datos masivos que permiten monitorear los equipos de forma continua y real información sobre su estado de salud (Lu et al., 2022). El principal problema que afrontan las industrias es la falta de datos correspondientes a condiciones defectuosas, debido a problemas medioambientales y de seguridad que podrían provocar fallos en las máquinas, además de la pérdida de producción y los problemas de calidad del producto.

Calabrese et al. (2021) aplicaron a una submáquina de maquinaria industrial un procedimiento completo y fácil, para el diagnóstico de fallos por transmisión y la detección de novedades, utilizando diferentes técnicas de aprendizaje automático. El documento pretende ofrecer directrices útiles a los profesionales para elegir la mejor solución para sus sistemas, incluyendo una técnica de optimización de hiperparámetros del modelo que apoye la elección del mejor modelo.

Si bien es cierto que los avances tecnológicos crecen de forma vertiginosa, no se puede descartar el uso de aplicaciones o herramientas digitales o de inteligencia artificial como elementos de apoyo en la optimización de los activos industriales que prevengan la detección de novedades de manera automatizada o semiautomática.

5.2.3 Rendimiento de los activos Industriales

Para mejorar el rendimiento mecánico y la maniobrabilidad de las máquinas industriales que incorporan componentes móviles bajo la influencia de cargas de torsión puntuales, se han aplicado múltiples medidas técnicas. Silva & Wojewoda (2023) realizaron un análisis de sensibilidad en uno de los haces para evaluar el impacto de cada parámetro dentro del espacio de parámetros de masa y desplazamiento. Utilizando la parametrización de un fichero de entrada ANSYS, evaluaron la adecuación del sistema a los factores de diseño considerados, tales como la distancia de las placas laterales interiores al centro de masa (VA1), la distancia de las placas superiores e inferiores interiores al centro de masa (VA2) y el espesor de todas las placas (VA3). Esta metodología tiene aplicaciones potenciales en los procedimientos de optimización del diseño y en aplicaciones prácticas de ingeniería, como máquinas de corte y grabado láser e impresoras industriales.

Los anteriores métodos o enfoque tienen una relación directa o indirecta o indirecta con la norma ISO 55000, que constituye un estándar fundamental en la gestión de activos.

5.2.4 Norma ISO 55000

La familia de la norma ISO 55000 2014, es parte de una serie de estándares internacionales desarrollados por la Organización Internacional de Normalización (ISO) que se enfocan en la gestión de activos. Publicada por primera vez en 2014, esta norma establece un marco para el desarrollo, implementación y mantenimiento de un sistema de gestión de activos efectivo. Su propósito principal es ayudar a las organizaciones a gestionar sus activos de manera que maximicen el valor y

minimicen los riesgos a lo largo del ciclo de vida de esos activos. La serie ISO 55000 incluye otras normas, como la ISO 55001 (requisitos para un sistema de gestión de activos) y la ISO 55002 (directrices para la implementación de la ISO 55001).

5.2.4.1 ¿Cómo opera en la gestión de los activos?

La norma ISO 55000 opera en la gestión de activos proporcionando principios y terminología que guían a las organizaciones en la creación de un sistema de gestión de activos. Este sistema se enfoca en lo siguiente:

Establecimiento de objetivos claros: La norma ayuda a definir objetivos estratégicos relacionados con la gestión de activos, alineados con los objetivos generales de la organización.

Gestión del ciclo de vida: Promueve un enfoque holístico que considera todas las etapas del ciclo de vida de los activos, desde su adquisición hasta su disposición final, incluyendo planificación, operación, mantenimiento y renovación.

Maximización del valor: La ISO 55000 enfatiza la necesidad de maximizar el valor que los activos aportan a la organización, considerando aspectos como el costo, el riesgo y el rendimiento.

Toma de decisiones basada en datos: Fomenta el uso de información precisa y actualizada para tomar decisiones informadas sobre la gestión de activos, apoyándose en indicadores clave de desempeño (KPIs) y evaluaciones de riesgos.

Mejora continua: Promueve la evaluación continua del desempeño del sistema de gestión de activos y la implementación de mejoras basadas en los resultados obtenidos.

Cumplimiento y sostenibilidad: Ayuda a asegurar que la gestión de activos esté en cumplimiento con regulaciones aplicables y se realice de manera sostenible, considerando tanto los impactos económicos como ambientales y sociales.

Esta planeación proporciona resultados significativos en la optimización de la red de vapor y el puente grúa, logrando una operación más eficiente y segura. Se

espera una reducción en los costos operativos debido a la disminución de pérdidas energéticas y tiempos de inactividad, así como una mejora en la calidad y consistencia del rendimiento de los sistemas. Además, la implementación de soluciones ergonómicas y tecnológicas, minimiza el riesgo de accidentes y la vida útil de los equipos, garantizando la sostenibilidad operativa y la satisfacción de los operarios al facilitar procesos más fluidos y controlados.

A continuación, se desarrollan estrategias específicas para abordar los problemas identificados, que pueden incluir la reingeniería de procesos, la implementación de nuevas tecnologías, el ajuste de parámetros operativos o la formación del personal.

Una vez que se han desarrollado las estrategias, se procederá a la implementación del plan. Esto implica llevar a cabo las modificaciones propuestas en el sistema o proceso, siguiendo un cronograma propuesto y asignando los recursos necesarios. La implementación puede ser gradual o completa, dependiendo de la magnitud de los cambios.

Después de la implementación, se realiza un seguimiento continuo del sistema o proceso para evaluar los resultados de las mejoras. Se utilizan indicadores de rendimiento clave (KPIs) para medir el impacto de las acciones tomadas. Esto permite verificar si se han alcanzado los objetivos de optimización y hacer ajustes adicionales si es necesario.

Autores recientes además consideran avances emergentes y tecnológicos en la optimización como modelos de aprendizaje automático (Jaramillo-Alcázar et al., 2023); la gestión del fin de vida en la maquinaria industrial (Maleki et al., 2022).

Con fundamento en los resultados del monitoreo, se pueden hacer ajustes adicionales para perfeccionar el sistema. También se establece un plan de mantenimiento de acuerdo a los ajustes para asegurar que las mejoras se mantengan a largo plazo y que el sistema siga operando de manera óptima.

Para optimizar el rendimiento del punto grúa, es fundamental un diseño de la geometría de la transmisión (Gu et al., 2019) optimizaron el perfil geométrico de dientes helicoidales que se encuentran entre los engranajes de la caja de cambios, mediante el uso del programa para modelar y analizar la carga del engranaje del sistema de transmisión de potencia, para una mejora de su rendimiento.

6 DISEÑO METODOLÓGICO

La investigación se centra en la optimización de activos industriales, específicamente en los puentes grúa y la red de vapor. La investigación aborda aspectos prácticos, técnicos y operativos, utilizando herramientas y métodos para diagnosticar el estado actual de los equipos, identificar áreas de mejora y desarrollar un plan de optimización que asegure su funcionamiento óptimo.

6.1 ENFOQUE CUALITATIVO

El enfoque de investigación es de carácter cualitativo porque se basa en la recolección y análisis de datos relacionados con los indicadores de rendimiento y eficiencia de los equipos, sin hacer evaluaciones estadísticas ni ecuaciones (Hernández-Sampieri et al., 2014). Este enfoque permite medir de manera precisa el impacto de las intervenciones propuestas y evaluar su efectividad en términos de mejoras en la operatividad y reducción de costos.

6.2 TIPO

El tipo de investigación es aplicada porque se enfoca en resolver un problema específico y real dentro de un contexto empresarial, buscando soluciones prácticas y efectivas para mejorar el desempeño de los activos industriales y su optimización, en este caso (Canahua, 2021).

6.3 Fases

La implementación del método propuesto consta de cinco fases principales, a saber: fase de preparación, fase de diagnóstico, fase de desarrollo del plan de optimización, fase de implementación y fase de monitoreo y evaluación.

Fase 1, de preparación implica una revisión preliminar de la situación con los puentes grúa y la red de vapor basada en la revisión del sitio y la revisión de documentos existentes a partir de las bases de datos. En esta etapa, también se plantean los objetivos específicos identificados, los criterios y el método de evaluación del rendimiento fueron desarrollados y la lista de actividades junto con la asignación de recursos para cada etapa del método fue planificada.

La fase 2, el diagnóstico, implica el estudio del estado actual de los sistemas de puentes grúa y red de vapor que incluye una recopilación detallada de datos operativos y de desempeño, la medición de los indicadores de rendimiento clave y una revisión de los procesos de mantenimiento actuales. Se emplean herramientas de análisis para revelar brechas, problemas recurrentes y áreas que requieren una mejora inmediata.

Fase 3 de Desarrollo del Plan de Optimización. A partir de los resultados del diagnóstico, se desarrolla un plan de optimización para mejorar la eficiencia de los equipos. Se diseñan recomendaciones detalladas para la actualización o ajuste de los procedimientos de mantenimiento, la mejora de la formación del personal y la implementación de nuevas tecnologías o procesos. Además, se establece un cronograma para la implementación de las recomendaciones y se define un sistema de seguimiento para evaluar los resultados.

Fase 4 de desarrollo del informe final. Finalmente, se prepara una documentación completa del proceso de investigación, incluyendo los métodos utilizados, los resultados obtenidos y las lecciones aprendidas, los cuales se presentan a los interesados clave dentro de la empresa y se proponen recomendaciones para el futuro. Esta fase asegura que la información y los beneficios del proyecto se compartan de manera efectiva y se utilicen para futuras decisiones y mejoras.

6.4 Cronograma y presupuesto

El cronograma propuesto para el desarrollo del estudio se desarrolla en tiempo de seis meses considerando los objetivos propuestos y unos tiempos de ejecución, como se aprecia en la Tabla 1.

Tabla 1.

Cronograma

OBJETIVOS	MES	MES	MES	MES	MES	MES
	1	2	3	4	5	6
Diagnosticar la eficiencia del puente grúa y red de vapor de la compañía mediante indicadores claves de rendimiento y economía.	X	X				
Desarrollar un plan de optimización para el puente grúa y red de vapor que permita su operación al máximo rendimiento.		X	X	X		
Plantear una propuesta de optimización con base en lo desarrollado que contenga recomendaciones de uso y mantenimiento.					X	X

Nota. elaboración propia

Por aparte, el presupuesto aproximado para la ejecución de este estudio se encuentra sintetizado en la Tabla 2.

Tabla 2.

Presupuesto

Ítem	Cantidad	Duración (meses)	Valor Unitario	Valor total
Computador para tabulación y análisis de datos	1		\$ 3,500,000.00	\$ 3,500,000.00
Auxiliares de campo	2	2	\$ 1,300,000.00	\$ 5,200,000.00
Asesor experto dedicación 30%	1	3	\$ 1,300,000.00	\$ 3,900,000.00
Papelería e insumos	1	3	\$ 400,000.00	\$ 1,200,000.00
Energía	1	3	\$ 80,000.00	\$ 240,000.00
Total				\$ 14,040,000.00

6.5 Rutina de Acciones Comunes la Optimización de los Equipos

En la metodología se propone una rutina de acciones comunes para la máquina de vapor y el puente grúa, alineada con los estándares de la norma ISO 55000, considerando al final unos tratamientos específicos para los dos activos. Esto garantiza la gestión eficiente y segura de ambos activos, maximizando su valor y minimizando los riesgos asociados a su operación.

6.5.1 Inventario y Documentación

Registro detallado del inventario completo que incluya la máquina de vapor y el puente grúa, especificando características técnicas, historial de mantenimiento, y manuales de operación.

Documentación actualizada toda la documentación técnica y de mantenimiento al día, asegurando el cumplimiento de normativas aplicables.

6.5.2 Planificación del Ciclo de Vida

Evaluación de ciclo de vida que permita desarrollar un plan que contemple todo el ciclo de vida de ambos equipos, desde su adquisición, operación, mantenimiento, hasta su eventual disposición.

Reemplazo y renovación, estableciendo los puntos críticos en los que se evaluará la necesidad de renovación o reemplazo de componentes clave, basándose en su desgaste y obsolescencia.

6.5.3 Mantenimiento Preventivo y Predictivo

Implementar un calendario de mantenimiento preventivo y predictivo para ambos equipos, basado en las recomendaciones del fabricante y análisis de riesgo.

Monitoreo en tiempo real mediante sensores y sistemas de monitoreo que permitan seguir en tiempo real el estado de componentes críticos, como presión en la máquina de vapor o la tensión de los cables en el puente grúa.

6.5.4 Gestión de Riesgos

Identificación de riesgos asociados a la operación de ambos equipos, categorizando riesgos por gravedad y probabilidad de ocurrencia.

Implementación de controles y procedimientos específicos para mitigar los riesgos identificados, como protocolos de seguridad en la operación del puente grúa y medidas de emergencia para la máquina de vapor.

6.5.5 Capacitación del Personal

Entrenamiento regular al personal operativo sobre el manejo seguro y eficiente de ambos equipos, incluyendo simulaciones de emergencia y procedimientos de mantenimiento que estimule una conciencia de una cultura de seguridad en torno a la operación de estos equipos.

6.5.6 Optimización de Operaciones

Análisis de la eficiencia mediante auditorías periódicas para evaluar la eficiencia operativa de ambos equipos, con el fin de identificar áreas de mejora. Implementación de mejoras, basadas en los resultados de las auditorías, como la optimización del consumo de energía en la máquina de vapor o la reducción de tiempos de ciclo en el puente grúa.

6.5.7 Monitoreo de Desempeño

Definir indicadores clave de desempeño (KPIs) específicos para cada equipo, como la eficiencia térmica para la máquina de vapor y la precisión en la operación del puente grúa.

Monitorear constantemente estos KPIs y realizar ajustes en los procesos según sea necesario para mantener un rendimiento óptimo.

6.5.8 Diferencias Específicas en la Aplicación de ISO 55000 para Cada Equipo

El propósito y operación de la máquina de vapor es la generación de energía a partir de vapor bajo alta presión, lo que demanda un enfoque en la eficiencia energética y el control preciso de las condiciones operativas (presión y temperatura).

Los riesgos principales incluyen explosiones o fallos en la caldera debido a sobrepresión o mal funcionamiento de las válvulas de seguridad. El mantenimiento de la caldera, válvulas, y sistemas de control, con inspecciones rigurosas y frecuentes para prevenir incidentes catastróficos.

El propósito y operación del puente grúa consiste en levantar y mover cargas pesadas en un entorno industrial, lo que requiere precisión, seguridad en la

operación, y un enfoque en la capacidad de carga. Los riesgos incluyen sobrecargas, fallos estructurales, y accidentes por errores operativos, lo que demanda controles estrictos de seguridad y evaluación continua de los componentes mecánicos. El mantenimiento se centra en la integridad estructural, los cables de acero, los mecanismos de elevación, y los sistemas de frenos, asegurando que todos los componentes operen dentro de los límites seguros.

7 DESARROLLO DEL TRABAJO

En el desarrollo del trabajo se propone un plan de optimización de los activos máquina de vapor y puente grúa bajo algunos estándares de la Norma ISO 55000.

PLAN DE OPTIMIZACIÓN DE ACTIVOS: MÁQUINA DE VAPOR Y PUENTE GRÚA BAJO ISO 55000

7.1 Objetivo General

Optimizar la gestión de la máquina de vapor y el puente grúa dentro de la empresa, aplicando la norma ISO 55000 para maximizar su valor operativo, minimizar riesgos, y asegurar un mantenimiento eficiente y seguro, considerando las particularidades de cada equipo.

7.2 Contexto de la Organización

ECHEVERRI INVERSIONES CAMEL S.A.S , tiene como domicilio principal el barrio los garzones, municipio de Montería, Córdoba, Colombia. Fue constituida en el año 2008 y se dedica a la fabricación de postes de concreto para redes eléctricas, cercas y barreras viales. También ofrecen servicios de transporte de carga pesada y manejo de materiales, destacándose por su calidad y sostenibilidad. La empresa cuenta con estándares certificados que garantizan la durabilidad de sus productos. Además, disponen de una flota especializada para el transporte seguro e instalación de los postes, principalmente para proyectos de infraestructura.

Cuenta con las certificaciones ISO 90001-2015, Bloque de Anclaje Concreto Reforzado, Ornamental Reforzado y Certificado de conformidad Postes de Concreto. Sus principales servicios son la elaboración de postes de concreto de alta y baja tensión e infraestructuras urbanas, luminarias, postes de encerramientos y barreras, bordillos de concreto, andenes calles y retenidas con función de bloques de anclaje para el sostenimiento de estructuras, con una gama de referencias que abarcan desde los 8 a 18 metros y capacidad de carga desde 510 a 4.000 KGF. Además, prestamos el servicio de manejo y transporte de estos productos.

La política de gestión, se centra en fabricar y comercializar postes de concreto, cumpliendo con estándares técnicos y legales, asegurando la satisfacción del cliente. Además, promueve la protección ambiental y la seguridad de los trabajadores, gestionando riesgos clave como las energías peligrosas, el trabajo en alturas y la contaminación. Todo esto está respaldado por la mejora continua del sistema de gestión de calidad, seguridad y medio ambiente.


7.3 Gestión del Ciclo de Vida de los Activos

Para la gestión del ciclo de vida de los activos, se parte de los datos de adquisición, las actividades de operación y mantenimiento, actualización y sustitución de partes o de toda la maquinaria y la disposición final del activo, lo cual permite mantener un inventario y ejecutar la planeación de las acciones conforme a la normatividad de cada activo para la optimización de las operaciones como se señala en la rutina de acciones comunes la optimización de los equipos, planteadas en el numeral 6.5.

Se detalla la importancia de contar con especificaciones técnicas, historial de uso y evaluaciones futuras para optimizar su valor operativo. Además, se promueve la implementación de estrategias de mantenimiento preventivo y predictivo, apoyadas en calendarios y técnicas avanzadas de monitoreo. Las revisiones periódicas permiten decidir sobre actualizaciones o sustituciones, basadas en el análisis del ciclo de vida (LCC). Finalmente, se planifica la disposición ambientalmente responsable de los activos al final de su vida útil.

Tabla 3.

Hoja de vida del Activo Puente Grúa

	FORMATO			FECHA DE EMISIÓN 25/02/2018
				VERSIÓN 2
HOJA DE VIDA DE EQUIPOS DE PRODUCCIÓN				PROCESO: PRODUCCIÓN
EQUIPO: CARGADOR	MARCA: KITO	MODELO:	NUMERO DE SERIE:	
RANGOS: 5 TONELADAS		CÓDIGO: 04		


FECHA DE COMPRA: MARZO 2014		PROVEEDOR: IMOCOM		
LABORATORIO AUTORIZADO				
NOMBRE: COLCRANES		TELÉFONO: 575 3185658	DIRECCIÓN: BARRANQUILLA CR67#VIA40-62	CONTACTO: COLCRANES
Combustible Usado: 70% energía solar				
MANTENIMIENTO		DESCRIPCIÓN	OPERADOR	PRÓXIMO MANTENIMIE NTO
TIPO	FECHA			
C	10-abr-14	Reparación y corte del cable de fuerza del cargador. (tensión fuerte en el cable de fuerza lo cual causo que se corriera el forro principal, el forro de fase y el cable de tierra, causando que los cables hicieran contacto estos ocasiono pase de voltaje en la estructura del equipo)	Jesús María López	10-oct-14
C	23-abr-14	Reparación del cable de fuerza del cargador. (sobretensión entre el equipo y el cable ocasionando el desprendimiento una fase de la bornera interna en la parte de control)	Jesús María López	10-oct-14
C	23-may-14	Reparación de la bornera del cable del control	Jesús María López	25-nov-14
P	10-oct-14	Cambio del rectificador del freno del motor de carga	Jesús María López	10-abr-15
P	10-abr-15	Mantenimiento y ajuste de tuercas y aceite del motor	Jesús María López	10-oct-15
P	29-oct-15	Limpieza y ajustes en general	Jesús María López	29-abr-16
P	28-feb-17	Limpieza y ajustes en general	Jesús María López	27-jun-17
p	20-jun-17	Limpieza y ajustes en general	Wilfredo Ubarnes	18-dic-17
p	12-dic-17	Reparación del cable de control del cargador	Jesús María López	20-ene-18
p	17-feb-18	Reparación del cable de control del cargador	Jesús María López	9-may-18
P	4-oct-18	Limpieza y ajustes en general	Jesús María López	27-feb-19
p	6-ago-19	Desmontaje de los contactores, cambio de las bobinas de los contactores viejos a los contactores nuevos ya que el equipo funciona en la parte de control a 48 voltios y los contactores nuevos tren bobina a 220 voltios montaje de los nuevos contactores y puesto en funcionamiento	Jesús María López	6-feb-20
P	1-ago-20	Limpieza y ajustes en general	Jesús María López	1-feb-21
p	29-mar-21	Revisión y cambio cable de control y botonera del polipasto	Jesús María López	30-ago-21

p	9-oct-21	Se Realiza un over haul	Remotex	9-abr-22
p	9-jun-22	Limpieza de la cadena de izaje, Topes mecánicos de testers en buen estado, Sensores réflex en correcto funcionamiento, Ventilador en buen estado, Clutch ajustado correctamente, Cable festonado en buen estado, Tablero eléctrico en buen estado, se ajustan bornes.	Remotex	10-dic-22
p	11-dic-22	Limpieza y ajustes en general	Colcranes	11-may-23
P	20-may-23	Limpieza y ajustes en general	Colcranes	20-nov-23
P	25-sep-23	Lubricación de cadenas del equipo	Nelson ramos	25-nov-23
p	11-dic-23	Se realiza manteamiento, se mide el consumo de los motores, revisión del sistema de izaje, se lubrica y se retira todo el sucio, se revisan los aceites de los polipastos y testers, todo el nivel normal se sugiere limpieza y lubricación de cadenas cada mes, máximo cada dos meses.	Colcranes	18-may-24
p	16-may-24	Se realiza preoperacional de equipo de 5 toneladas, se encuentran sus movimientos en buen estado. Procedo a realizar manteniendo preventivo: -REVISIÓN DE POLIPASTO: Revisión de motor medidas de consumo. Revisión de reductora, aceite en buen estado. Se revisa freno, en buen estado. Revisión visual de sprocket. Revisión de cadena de izaje, se encuentra sin novedad. Lubricación de cadena de izaje. Revisión de final de carrera. Revisión de gancho, limpieza externa e interna. Lubricación de gancho de carga. Revisión de gancho superior, se encuentra en buen estado. Guarda cadena en buen estado. Punto fijo, en buen estado. -REVISIÓN DE TROLLEY: Se revisa ruedas, en buen estado. Lubricación de engranajes. Revisión de Patín de rodadura. Revisión de freno, se encuentra en buen estado. Revisión de motor. -REVISIÓN DE TESTEROS: Revisión de topes de goma, en buen estado. Revisión de motores, no presentan ninguna novedad. Revisión de frenos, se encuentra disco de freno en buen estado. Bobina de freno, funcionando correctamente. Inspección de tornillería en conexión viga puente - testero. -REVISIÓN DE PARTE ELÉCTRICA: Revisión de bornas, en buen estado. Se aprietan tornillos de componentes eléctricos. Se revisa estado del cableado, en buen estado. Se revisa festoon, se le realiza limpieza de cableado. Se revisa barras encapsuladas en buen estado se encuentran. Se revisa radio control, se encuentra funcionando correctamente. Limpieza de tableros eléctricos. Limpieza general y exhaustiva del equipo.	Colcranes	16-nov-24
C: CALIBRACIÓN P: PREVENTIVO V: VERIFICACION CO: CORRECTIVO				
RESPONSABLE: DANILO DE ARCO PEREZ				

Nota. Elaboración propia

Tabla 4.

Hoja de Vida del Activo Caldera

		FORMATO		FECHA DE EMISIÓN 25/02/2018
		HOJA DE VIDA DE EQUIPOS DE PRODUCCIÓN		VERSIÓN 2
				PROCESO: PRODUCCIÓN
EQUIPO: CALDERA AUTOMÁTICA A VAPOR	MARCA: COLCALDERAS	MODELO: CV.30-150	NUMERO DE SERIE: PV-171	
CAPACIDAD: 30BHP	CÓDIGO: C03			
FECHA DE COMPRA: 2020	PROVEEDOR: CALDERA Y EQUIPOS S.A.S			
LABORATORIO AUTORIZADO				
NOMBRE: JESÚS MARÍA LOPEZ	TELÉFONO: 3107470517	DIRECCIÓN: Barrio 6 de marzo	CONTACTO: JESÚS MARÍA LOPEZ	
Combustible Usado: gas natural				
MANTENIMIENTO		DESCRIPCIÓN	OPERADOR	PRÓXIMO MANTENIMIENTO
TIPO	FECHA			
P	15-jun-20	Mantenimiento general del equipo	Jesús María López	15-dic-20
P	25-jun-21	Calibración del mismo con el tablero de control	Jesús María López	20-dic-21
P	17-mar-22	Mantenimiento general del equipo	Empresa Contratista	19-jun-22
P	18-jun-22	Mantenimiento general del equipo	Empresa Contratista	9-nov-22
P	10-nov-22	Lavado general	Ronaldo Echeverry	10-may-23
P	11-nov-22	Mantenimiento a quemador	Ronaldo Echeverry	11-may-23
P	12-nov-22	Mantenimiento mac donell, quemador, y lavado general	Ing. Ronaldo Echeverry	12-may-23
P	18-may-23	Mantenimiento mac donell, quemador y lavado general	Ing. Ronaldo Echeverry	18-nov-23
P	20-nov-23	Mantenimiento mac donell, quemador y lavado general	Ing. Ronaldo Echeverry	20-may-24
P	20-may-24	Mantenimiento y lavado general de la caldera, se sustituye empaques de los manhole. Se calibra quemador y se evidencia el equipo trabajando bajo parámetros normales.	Ing. Ronaldo Echeverry	20-nov-24
OBSERVACIONES:				
C: CALIBRACION P: PREVENTIVO V: VERIFICACION CO: CORRECTIVO				
RESPONSABLE: DANILO DE ARCO PEREZ				

Nota. Elaboración propia

Las hojas de vida de los activos industriales son la fuente información principal de tipo contable y administrativa que se constituye en la ruta para tomar e incorporar información para la toma de decisiones.

7.4 Técnicas de Diagnóstico y monitoreo de Fallos

- **Análisis de Modos y Efectos de Fallo (FMEA):** Realizar un FMEA para identificar los modos de fallo posibles de la máquina de vapor y el puente grúa, evaluando su impacto, frecuencia y detectabilidad, y priorizando acciones correctivas y preventivas.
- **Monitoreo Basado en Condición:** Utilizar técnicas como sensores de vibración, temperatura y presión para el diagnóstico continuo de fallos en tiempo real, detectando condiciones operativas anómalas que puedan indicar un fallo inminente.
- **Pruebas No Destructivas (PND):** Aplicar pruebas no destructivas (como ultrasonidos y termografía) para identificar signos de deterioro o defectos en componentes críticos sin interrumpir la operación.
- **Actualización de KPIs:** Establecer indicadores clave de rendimiento (KPIs) específicos para la detección de novedades en los equipos, como cambios en el consumo energético, variaciones de temperatura o alteraciones en la eficiencia operativa.
- **Adaptación a Cambios Regulatorios y Tecnológicos:** Asegurar que el plan de diagnóstico y monitoreo de fallos se adapte rápidamente a cambios regulatorios o avances tecnológicos que impacten la gestión de activos.

7.5 Implementación de Estrategias de Optimización

Capacitación del Personal: Capacitar al personal en la gestión segura y eficiente de los activos, integrando conocimientos sobre el ciclo de vida, diagnóstico de fallos, y detección de novedades.

Documentación y Registro de Actividades: Implementar un sistema de gestión documental para registrar todas las actividades de mantenimiento, diagnóstico de fallos, y detección de novedades, facilitando el análisis y mejora continua.

7.6 Monitoreo y Evaluación del Desempeño

Revisión de Indicadores Clave: Revisar periódicamente los KPIs relacionados con el ciclo de vida, diagnóstico de fallos, y detección de novedades para identificar oportunidades de mejora.

Auditorías Internas: Realizar auditorías internas para garantizar la conformidad con ISO 55000 y evaluar la efectividad de las estrategias de gestión de activos implementadas. Evaluar el impacto de las novedades detectadas en el rendimiento y la seguridad de los activos, ajustando estrategias en consecuencia.

7.7 Mejora Continua del Plan

Retroalimentación del Personal y Ajustes Dinámicos: Incorporar la retroalimentación del personal operativo y de mantenimiento para mejorar continuamente el diagnóstico de fallos y la detección de novedades.

Ajuste del Plan Basado en Resultados: Utilizar los resultados del monitoreo del ciclo de vida, diagnóstico de fallos, y detección de novedades para ajustar y mejorar el plan de optimización de activos.

Mejora Continua del Ciclo de Vida: Revisar regularmente las estrategias de mantenimiento y gestión de activos basadas en los datos recogidos de la detección de novedades y el diagnóstico de fallos, asegurando una respuesta ágil ante cualquier cambio en las condiciones operativas.

7.8 Comunicación y Reporte

Participación Activa de las Partes Interesadas: Asegurar la participación de todas las partes interesadas en la revisión y mejora continua del plan de optimización.

Revisión y Aprobación por la Alta Dirección: Presentar el plan a la alta dirección para su revisión, ajuste y aprobación final. Elaborar informes periódicos que resalten el desempeño de los activos, las actividades de diagnóstico de fallos y las novedades detectadas.

Formalización de Políticas y Procedimientos: Asegurar que las políticas y procedimientos se mantengan actualizados, en línea con la norma ISO 55000.

8 RESULTADOS

Se incluyen los hallazgos obtenidos en el desarrollo de la investigación, utilizando gráficos, tablas o imágenes. Además, se proponen los formatos bajo la norma ISO 55000 orientados al plan de optimización de activos para una máquina de vapor y un puente grúa, que incluyen elementos clave de la gestión de activos, como el ciclo de vida, riesgos, y el desempeño del activo.

Los resultados obtenidos de la optimización de activos fijos parten de la conceptualización técnica y teórica previamente estudiada. De allí se plantean formatos para aplicar a los activos, que parten de la evaluación del ciclo de vida, la evaluación técnica del riesgo al que pudieran estar sometidos, la evaluación del desempeño considerando, fechas claves y finalmente la revisión de acciones para el mantenimiento preventivo.

8.1 Formatos para la Máquina de Vapor y el Puente Grúa

La metodología de recolección de datos para la aplicación de los formatos, fue principalmente la revisión documental de las hojas de vida de la caldera y del puente grúa, en base al criterio de (Trejos, 2017), se determina el riesgo como Bajo, Medio y Alto. A continuación, se detallan los formatos necesarios para el plan de optimización de activos industriales, coherentes con los estándares de la norma ISO.

8.1.1 Evaluación del ciclo de vida

El valor de salvamento que se calcula en un 30% del costo de adquisición considerando que la maquinaria tiene estándares de calidad y que se realizan los mantenimientos preventivos que garantizan el buen estado de la misma. A partir de estos datos, se calcula el remplazo estimado, considerando las intervenciones realizadas y el costo de mantenimiento como se aprecia en las Tablas 5 y 6.

Tabla 5.*Formato de Evaluación del Ciclo de Vida de la Máquina de Vapor*

Máquina de Vapor		
Fase del Ciclo de Vida	Operación y Mantenimiento	
Fecha de Compra	2020	
Nuevo: <input checked="" type="checkbox"/> Usado: <input type="checkbox"/>		
Costo de adquisición	\$75.000.000	
Vida Útil Estimada	10 años	
Intervenciones Realizadas	15-jun-20	Mantenimiento general del equipo
	25-jun-21	Calibración tablero de control
	17-mar-22	Mantenimiento general del equipo
	18-jun-22	Mantenimiento general del equipo
	10-nov-22	Lavado general
	11-nov-22	Mantenimiento
	12-nov-22	Mantenimiento
	18-may-23	Mantenimiento y lavado general
	20-nov-23	Mantenimiento y lavado general
	20-may-24	Mantenimiento y lavado general
Costo de Mantenimiento Anual	2020 =	1.600.000
	2021 =	2.300.000
	2022 =	3.100.000
	2023 =	2.500.000
	2024 =	2.500.000
Valor de Residual Actual (oct. 2024)	\$ 54.875.000	
Valor de Salvamento	\$ 22.500.000	
Reemplazo Estimado	Año 2030	
Observaciones	El activo se encuentra en óptimas condiciones, no sufre paros no programados recurrentes gracias a su alta confiabilidad.	

Nota. Elaboración propia

Tabla 6.*Formato de Evaluación del Ciclo de Vida del Puente Grúa*

Puente Grúa		
Fase del Ciclo de Vida	Operación, Mantenimiento, Retiro	
Fecha de Compra	Marzo del 2014	
Costo de adquisición	132.415.000	
Nuevo: <input checked="" type="checkbox"/> Usado: <input type="checkbox"/>		
Vida Útil Estimada	20 años	
Intervenciones Realizadas	10-abr-14	Reparación de pieza
	23-abr-14	Reparación de piezas
	23-may-14	Reparación de pieza
	10-oct-14	Cambio de pieza
	10-abr-15	Mantenimiento
	29-oct-15	Limpieza y ajustes en general

	28-feb-17	Limpieza y ajustes en general
	20-jun-17	Limpieza y ajustes en general
	12-dic-17	Reparación
	17-feb-18	Reparación
	4-oct-18	Limpieza y ajustes en general
	6-ago-19	Desmontaje de componentes
	1-ago-20	Limpieza y ajustes en general
	29-mar-21	Revisión de piezas
	9-oct-21	over haul
	9-jun-22	Limpieza de componentes
	11-dic-22	Limpieza y ajustes en general
	20-may-23	Limpieza y ajustes en general
	25-sep-23	lubricación de cadenas del equipo
	11-dic-23	Manteamiento
	2014 = \$ 3.100.000	
	2015 = \$ 2.400.000	
	2016 = \$ 2.456.000	
	2017 = \$ 3.415.500	
	2018 = \$ 1.867.000	
Costo de Mantenimiento Anual	2019 = \$ 2.345.699	
	2020 = \$ 1.987.500	
	2021 = \$ 9.456.000	
	2022 = \$ 1.890.000	
	2023 = \$ 2.200.000	
	2024 = \$ 1.530.000	
Valor de Residual Actual (oct 2024)	\$ 96.883.642	
Valor de Salvamento	\$ 39.724.500	
Reemplazo Estimado	Año 2034	
Observaciones	Puente grúa en buen estado, se espera realizar los mantenimientos programados de manera eficiente para extender la vida útil del activo.	

Nota. Elaboración propia

8.1.2 Evaluación del Riesgo

La evaluación del riesgo tiene como finalidad la planificación y revisión de documentos y registros, mediante la verificación física de los activos para plantear una descripción de los posibles riesgos, y con ello prevenir la probabilidad de ocurrencia para prevenir acciones dañinas mediante el análisis de las fechas y acciones de mitigación para finalmente plantear observaciones y recomendaciones.

En la Tablas 7 y 8 se aprecian los formatos de evaluación del riesgo de los activos.

Tabla 7.*Formato de Evaluación de Riesgos de la Máquina de Vapor*

Máquina de Vapor	
Descripción del Riesgo	Fallo en el quemador: Se le ha realizado mantenimiento continuo lo que indica el desgaste
Probabilidad de Ocurrencia	Alta
Impacto Potencial	Parada de producción y seguridad de trabajadores
Acciones Mitigadoras	Mantenimiento predictivo y limpiezas generales
Responsable	Danilo De Arco Pérez
Fecha de Revisión	10-oct-14 10-oct-14 25-nov-14 10-abr-15 10-oct-15 29-abr-16 27-jun-17 18-dic-17 20-ene-18 9-may-18 27-feb-19 6-feb-20 1-feb-21 30-ago-21 9-abr-22 10-dic-22 11-may-23 20-nov-23 25-nov-23 18-may-24 16-nov-24
Observaciones	Se identifican otros problemas adicionales como en los empaques de los manhole, desgaste general del equipo, fallas en la calibración del tablero de control y acumulación de residuos por falta de lavado

Nota. Elaboración propia

A partir de las recomendaciones obtenidas de la Tabla 7, se considera la necesidad de tomar acciones para la gestión del activo máquina de vapor, hacer un seguimiento más riguroso a los empaques de los manhole, así como la calibración

del tablero de control y aumento de la rutina de lavado que garantice la seguridad y su buen estado.

Tabla 8.

Formato de Evaluación de Riesgos del Puente Grúa

Puente Grúa	
Descripción del Riesgo	Riesgos mecánicos de desgaste en los componentes móviles
Probabilidad de Ocurrencia	Alta
Impacto Potencial	Parada de producción
Acciones Mitigadoras	Mantenimientos predictivos, reparación de piezas y limpiezas
Responsable	Danilo De Arco Pérez
Fecha de Revisión	15-dic-20 20-dic-21 19-jun-22 9-nov-22 10-may-23 11-may-23 12-may-23 18-nov-23 20-may-24 20-nov-24
Observaciones	Se identifica también riesgos de cortocircuitos debido a la ocurrencia de fallos eléctricos y reparaciones frecuentes. Además, fallos en frenos y sistemas de izaje, lo que ha requerido de reparaciones recurrentes, siendo estos riesgos subsecuentes al riesgo general de desgaste de componentes

Nota. Elaboración propia

De conformidad con los resultados obtenidos de la tabla 8, se recomienda hacer una revisión de los empalmes y uniones eléctricas para reducir el riesgo de ocurrencia de cortocircuitos. También se considera no sobrepasar las cargas de utilización de la maquinaria y de los circuitos eléctricos, cuando por situaciones externas ocurren turnos seguidos. En estos casos se debe hacer una revisión de calentamiento y de utilizar los tiempos de enfriamiento y reposo de la maquinaria, de

acuerdo a las especificaciones de la ficha técnica, de ser posible utilizar técnicas o aditivos refrigerantes.

8.1.3 Evaluación del desempeño

La evaluación del desempeño busca la revisión de indicadores clave como los KPIs del ciclo de vida, y de fallos, además de aplicar otras alternativas de auditorías de conformidad con ISO 55000 y evaluar la efectividad de las estrategias de gestión y el impacto de las novedades detectadas, como se aprecia en las tablas 9 y 10.

Tabla 9.

Formato de Indicadores de Desempeño de la Máquina de Vapor (KPIs)

Máquina de Vapor	
KPI	Disponibilidad
Valor Actual	4 años
Meta	Tener un activo confiable y duradero en su vida útil, dado que su costo es significativo para la empresa.
Fórmula	Disponibilidad = (Tiempo Operativo / Tiempo Total) * 100 D= (10/24) * 100 = 41,66%
Frecuencia de Medición	Diaria
Observaciones	Comentarios sobre el rendimiento actual del activo

Nota. Elaboración propia

Se muestra el rendimiento de la máquina de vapor que se mide en el tiempo de uso para las operaciones diarias de la empresa, considerando que su actividad suele empezar desde las 6 a.m. hasta las 8 p.m., se determina en 10 horas diarias, por lo que su disponibilidad corresponde al 41,66%. este es un indicador inicial importante, pues en combinación con otros, nos permite definir que como está desempeñándose la maquina en la empresa, y sacar futuros análisis que permitirán realizar una toma de decisiones efectiva.

Tabla 10.*Formato de Indicadores de Desempeño del Activo (KPIs)*

Puente Grúa	
KPI	Disponibilidad
Valor Actual	8 años
Meta	Tener un activo confiable y duradero en su vida útil, dado que su costo es significativo para la empresa.
Fórmula	Disponibilidad = (Tiempo Operativo / Tiempo Total) * 100 D= (10/24) * 100 = 41,66%
Frecuencia de Medición	Diaria
Observaciones	Comentarios sobre el rendimiento actual del activo

Nota. Elaboración propia

El rendimiento del puente grúa se mide en el tiempo de uso para las operaciones diarias de la empresa, considerando que su actividad suele empezar desde las 6 a.m. hasta las 8 p.m., se determina en 10 horas diarias, por lo que su disponibilidad corresponde al 41,66%, tal como en la otra maquinaria

8.1.4 Mantenimiento Preventivo

Tabla 11.*Formato de Plan de Mantenimiento Preventivo Máquina Vapor*

Máquina de Vapor	
Mantenimiento Requerido	Mantenimiento General
Frecuencia	Cada 6 meses
Fecha de Último Mantenimiento	20-may-24
Próxima Fecha Programada	20-nov-24
Responsable	Danilo De Arco Pérez
Costo Estimado	\$ 2.400.000
Observaciones	Los mantenimientos preventivos e han realizado de conformidad con la planeación, lo cual es un indicador favorable para su optimización.

Nota. Elaboración propia

Tabla 12.

Formato de Plan de Mantenimiento Preventivo Puente Grúa

Puente Grúa	
Mantenimiento Requerido	Mantenimiento general
Frecuencia	Cada 6 meses
Fecha de Último Mantenimiento	16-may-24
Próxima Fecha Programada	16-nov-24
Responsable	Danilo De Arco Pérez
Costo Estimado	\$ 1.810.000
Observaciones	Los mantenimientos preventivos e han realizado de conformidad con la planeación, lo cual es un indicador favorable para su optimización.

Nota. Elaboración propia

Los datos suministrados y a partir de la observación directa en los dos activos, se aprecia que ha habido regularidad en el mantenimiento preventivo de los activos, lo que es un factor a favor para garantizar la optimización de los activos en la empresa ECHEVERRI INVERSIONES CAMEL S.A.S. Se destaca que no hay cambios continuos del personal responsable de la verificación del mantenimiento y que los proveedores son reconocidos en el mercado local y nacional.

8.1.5 Evaluación de Eventos Críticos

La evaluación de eventos críticos se desarrolla mediante el análisis de los formatos de evaluación del ciclo de vida de los activos y mediante anotación en cada ficha o formato, de acuerdo a la observación directa y la comunicación con los operarios y la retroalimentación en los informes de gestión y financieros presentados a los propietarios y a los proveedores y clientes, Esto permite tener una retroalimentación tanto interna como externa de las necesidades y requerimientos de los equipos de acuerdo a las demandas y a la competitividad el sector y factores ambientales. Estos datos se incoaran al informe de gestión anual que se presenta en la asamblea de propietarios.

8.1.6 Análisis financieros de renovación o repotenciación de activos ...

El análisis de los estados financieros proporciona información relevante para la toma de decisiones en las actividades presentes y futuras de una organización. Para los efectos del proyecto se realiza un análisis horizontal a partir de los estados financieros de los años 2022 y 2023, centrando la atención en los activos industriales objeto del estudio, es decir la red de vapor y el puente grúa, con el fin de valorar la renovación o repotenciación de estos activos en su periodo de vida útil.

El objetivo de la repotenciación es ampliar la vida útil de un activo renovable y/o mejorar la eficiencia y producir una mayor cantidad de energía a partir de inversiones futuras y bajo nuevas condiciones. A continuación se muestran en las Tabla 13 y 14, los estados financieros: estado de situación financiera comparativo y estado de resultado comparativo por los años terminados 2022 y 2023, no se considera el año 2024, pese a que se incorporaron mantenimientos en el cuerpo del trabajo, debido a que no se disponía de la información.

Tabla 13

Estado de Situación Financiera Comparativo 2022 y 2023

ECHEVERRI INVERSIONES CAMEL S.A.S.			
NIT 900.247.351-6			
ESTADO DE SITUACIÓN FINANCIERA COMPARATIVOS			
POR LOS PERIODOS DE DIC 2022 Y DIC 2023 CIFRAS EXPRESADAS EN PESOS COLOMBIANOS			
DETALLE	NOTAS	SALDO DIC 2022	SALDO DIC 2023
ACTIVOS			
Efectivo Y Equivalente a Efectivo	(3)	1.192.778.199	1.007.424.777
Deudores comerciales y otras cuentas por cobrar	(4)	576.439.554	2.843.247.327
Inventarios	(5)	998.464.794	1.525.008.047
Activos Por Impuestos Corrientes	(6)	516.835.691	733.326.878
TOTAL ACTIVOS CORRIENTES		3.284.518.238	6.109.007.029
<hr/>			
Propiedades, planta y equipo			
Puente grúa	(7)	2.931.664.127	4.148.584.342
Red de vapor			
<hr/>			
<hr/>			

TOTAL ACTIVOS NO CORRIENTE		2.931.664.127	4.148.584.342
TOTAL ACTIVOS		6.216.182.365	10.257.591.371
PASIVOS			
Pasivos Financieros	(8)	285.775.017	0
Acreedores Comerciales y Otras Cuentas por pagar	(9)	57.525.035	2.449.990.618
Pasivos por impuestos corrientes	(10)	564.175.850	669.446.904
TOTAL PASIVOS CORRIENTES		907.475.902	3.119.437.522
Anticipos y avances recibidos	(11)	1.441.064.962	2.440.764.575
Provisiones	(12)	102.970.282	125.108.090
TOTAL PASIVOS NO CORRIENTES		1.544.035.244	2.565.872.665
TOTAL PASIVOS		2.451.511.146	5.685.310.187
PATRIMONIO			
Capital social	(13)	480.459.000	480.459.000
Resultados del Ejercicio	(13)	472.723.527	807.609.964
Resultados de Ejercicios Anteriores	(13)	2.811.488.693	3.284.212.220
TOTAL PATRIMONIO		3.764.671.220	4.572.281.185
TOTAL PASIVOS + PATRIMONIO		6.216.182.365	10.257.591.371

Nota. Tomado de Echeverri Inversiones Camel S.A.S

Tabla 14

Estado de Resultados Comparativos 2022 y 2023

ECHEVERRI INVERSIONES CAMEL S.A.S.			
NIT 900.247.351 - 6			
ESTADO DE RESULTADO COMPARATIVO			
Por los periodos de 1 de enero al 31 dic de 2022 y 2023 cifras expresadas en pesos colombianos			
Detalle	Notas	Saldo dic 2022	Saldo dic 2023
Ingreso de actividades ordinarias	(14)	12.230.972.266	15.441.737.837
Costos de venta y de operaciones	(15)	8.764.874.236	11.286.753.014
Ganancia bruta		3.466.098.030	4.154.984.823
Gastos de administración	(16)	1.436.083.933	1.727.556.348
Gastos de ventas	(16)	1.220.607.834	1.156.855.349
Ingresos no operacionales		6.818.374	0
Costos financieros	(17)	88.957.672	28.096.258

Ganancia antes de impuestos		727.266.965	1.242.476.868
Impuesto a la renta	(18)	254.543.438	434.866.904
Ganancia después de impuestos		472.723.527	807.609.964

Nota. Tomado de Echeverri Inversiones Camel S.A.S

En concordancia, para proyección financiera de los activos industriales objeto del estudio, se toma en cuenta el valor residual de los activos hasta el año 2023, los cuales es indican en la Tabla 15.

Tabla 15

Valor Residual de los Activos a 2023

Activos	Valor Residual
Red de Vapor	\$ 59.250.000
Puente Grúa	\$ 104.607.850

Nota. Elaboración propia

Además, considerando que a los activos no se les realizo mejoras, se proyecta su valor para 2024 y 2025 respectivamente.

Tabla 16

Proyección del Activos a 2024 hasta 2027

Activos	2022	2023	Análisis Horizontal	%	2024	2025	2026	2027
Red de Vapor	\$64.500.000	\$59.250.000	-\$5.250.000	8,86 %	\$54.000.000 0	\$48.750.000 0	\$43.500.000 0	\$38.250.000 0
Puente Grúa	\$113.876.90 0	\$104.607.85 0	-\$9.269.050	8,86 %	\$95.338.80 0	\$86.069.75 0	\$76.800.70 0	\$67.531.65 0

Nota. Elaboración propia

En la Tabla 16, se muestran los activos industriales y su valor correspondientes en los años 2022 y 2023 para realizar el análisis horizontal que arrojó un valor negativo, lo que indica que hubo una reducción entre los periodos estudiados, debido a las depreciaciones; posteriormente se calcula en base a esa reducción el valor del activo para finales de los periodos 2024 hasta 2027, suponiendo una depreciación de igual magnitud cada año (-8.86%).

El valor negativo por la depreciación en la proyección de los activos, de la Tabla 16, evidencia que no se han realizado incrementos en el costo de los mismos, es decir, inversiones para mejorar las condiciones uso y su valorización comercial, lo que permite afirmar que se pueden proyectar mejoras de activos, como podría ser la reposición temprana de los mismos para evitar la reposición por obsolescencia al final del ciclo de vida y no se produzcan impactos que afecten las finanzas de la empresa.

9 CONCLUSIONES

De acuerdo a la ficha de vida de los activos industriales se revela que se realiza el mantenimiento y lavado general recurrentes, aproximadamente cada seis meses, lo que sugiere que el equipo está sometido a condiciones operativas exigentes y que se toman medidas para el desgaste progresivo propio de su uso. La frecuencia de mediciones, aumentada en los últimos dos años, resalta un plan de mantenimiento preventivo (Parra et al., 2021) para garantizar la operatividad y extender la vida útil del equipo.

Por aparte, la falta de una medición reciente del tablero de control es indicio de la necesidad de programar intervalos para optimizar su precisión y rendimiento e igual sucede con los empaques de los manhole en el caso de la máquina de vapor. Estos son riesgos que, aunque no son significativos, deben incluirse en los planes de mejoramiento.

El mantenimiento preventivo de los activos, a partir de la información obtenida del seguimiento a los formatos y hojas de vida de la maquinaria (Trejos, 2017), indica regularidad, lo que ofrece garantías para su optimización en la empresa Echeverri Inversiones Camel S.A.S. No se evidencian cambios disruptivos del personal operativo, de control y de los proveedores que realizan mantenimiento, lo que representa una oportunidad para la ejecución de la planeación de acciones preventivas ya que el personal de apoyo conoce el diagnóstico de fallos y puede ayudaren la detección de novedades. Además, la permanencia del personal suele ofrecer ventajas de reducción de costos en capacitación ya que la cultura laboral favorable, de forma indirecta, favorece la estabilidad de los activos de la empresa.

Relacionado con la evaluación del desempeño se evidencia que hay un adecuado rendimiento de la máquina de vapor y del puente grúa, medidos en el tiempo de uso para las operaciones de la empresa de 10 horas diarias, que corresponde al 41,66%. Con esto, el uso de la maquinaria se encuentra por debajo de la mitad de su rendimiento y con importante disponibilidad de horas para el desempeño o capacidad productiva (Diestra et al., 2017) lo que permite evidenciar

que la empresa puede ensanchar su producción y con ello aumentar su participación en el mercado.

La evaluación de los eventos críticos en el ciclo de vida de los activos, se practica mediante observación directa y la comunicación con los operarios vinculados en el proceso. Los resultados obtenidos por este y otros medios, se comunican mediante informes de gestión presentados a los propietarios y a los proveedores, lo que puede beneficiar la competitividad y las variables económicas externas que plantean Pérez, (2020) y Parra et al. (2021) para una adecuada gestión de los activos.

Se debe destacar que la empresa actualmente utiliza un 70% de energía solar para el funcionamiento de las dos maquinarias. Se recomienda avanzar hacia el uso del 100% de esta fuente de energía alternativa en el corto o mediano plazo, lo que favorece las futuras certificaciones ISO 90001 y proyección sostenible y minimización de impactos ambientales. Lo anterior, además aporta variables para el cumplimiento de los estándares que tienen que ver con la integración de la sostenibilidad en la planificación y ejecución de actividades, a que se refiere la ISO 20121.

También se anota que otros elementos necesarios para el mantenimiento industrial, no están sistematizados mediante las formalidades que garanticen un seguimiento integral de los equipos, aplicando rutas de mejora (Carrera, 2022) como la evaluación del riesgo, del desempeño y del mantenimiento preventivo, cada uno por separado, de tal forma que se puedan realizar evaluaciones en momentos críticos y considerando la expansión de la empresa a futuro, considerando las siguientes apreciaciones:

En relación con la máquina de vapor, por observación se detecta, que no hay aislamiento térmico en la red de distribución. El aislamiento evita una condensación acelerada del vapor (Fasair 2020) y por ello, la implementación de un sistema de aislamiento térmico permite ganar temperatura en la red. En consecuencia, se

recomienda para la repotenciación de la maquinaria, estudiar las alternativas y escoger la mejor entre los existentes en el mercado (Caicedo et al., 2023), considerando, por ejemplo, forros térmicos internos o externos, cartón asfaltado, cobertura de lana de vidrio o tela de asbesto.

Relacionado con la reposición en los activos por obsolescencia, se recomienda una repotenciación a mediano plazo, para que no haya un impacto significativo en las finanzas de la empresa. Puntualmente se hace referencia una viga puente 5T, extensión vigas carrileras, la extensión del techado y la construcción de la loza, columnas y ménsulas que garantizarían la extensión de la operación del puente grúa y de la empresa.

Respecto a la maquina de vapor, considerando el ensanchamiento del puente grúa, se recomienda la adquisición e instalación de otra caldera, ya que el uso de una sola caldera en toda la extensión del puente grúa puede generar perdidas de vapor, también representa un factor favorable cuando se requieran demandas rápidas y se tiene una opción de repetición o reemplazo en caso de daños imprevistos.

En síntesis, las recomendaciones respecto a la optimización de acticos, se centran en la repotenciación del puente grúa, la adquisición de una nueva caldera y el revestimiento de la red de distribución existente y de los futuros ensanchamientos. También se sugiere repotenciar el uno de energía solar al 100%.

La combinación de los anteriores comentarios, permite afirmar que de manera general en la empresa Echeverri Inversiones Camel SAS hay una evaluación media alta de los activos industriales, desarrollados a partir de una ficha del ciclo de vida, sin embargo hay otros elementos menores necesarios para el mantenimiento industrial que requieren del seguimiento integral de los equipos, aplicando rutas de mejora (Carrera, 2022) como la evaluación del riesgo, del desempeño y del mantenimiento preventivo, cada uno por separado, de tal forma

que se puedan realizar evaluaciones en momentos críticos y considerando la expansión de la empresa a futuro.

10 REFERENCIAS

- Amadi-Echendu, J. E. (2021). Managing Engineered Assets: Principles and Practical Concepts. En *Managing Engineered Assets: Principles and Practical Concepts*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-76051-9>
- Calabrese, F., Regattieri, A., Bortolini, M., Galizia, F. G., & Visentini, L. (2021). Feature-based multi-class classification and novelty detection for fault diagnosis of industrial machinery. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(20). <https://doi.org/10.3390/app11209580>
- Caicedo, P. L. O., Vega, A. A. G., Roldan, V. L. M., Tambaco, A. J. C., & Vélez, C. E. Á. (2023). Eficiencia de sistemas de aislamiento térmico. *Ibero-American Journal of Engineering & Technology Studies*, 3(2), 43-50.
- Carrera Fernandez, L. A. (2022). Optimización del plan de mantenimiento en las grúas puente C-24974 para mejorar la disponibilidad en la empresa Southern Perú Copper Corporation, Moquegua -2018. *Universidad José Carlos Mariátegui*. <https://repositorio.ujcm.edu.pe/handle/20.500.12819/1393>
- Diestra Quevedo, J. P., Esquiviel Paredes, L., & Guevara Chinchayan, R. (2017). Programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), para optimizar la disponibilidad operacional de la máquina con mayor criticidad. *Repositorio Institucional - UCV*, 4(1), 2313–1926. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/37239>
- Fasair (2020). Generación y distribución de vapor limpio para instalaciones de climatización en la industria farmacéutica. <https://fisair.com/es/generacion-y-distribucion-de-vapor-limpio-para-instalaciones-de-climatizacion-en-la-industria-farmaceutica/>
- Gu, M., Song, W. J., Hong, J., Kim, S. Y., Shin, T. J., Kotov, N. A., Park, S., & Kim, B. S. (2019). Stretchable batteries with gradient multilayer conductors. *Science Advances*, 5(7). https://doi.org/10.1126/SCIADV.AAW1879/SUPPL_FILE/AAW1879_SM.PDF

- Hernández-Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. del P. (2014). *Metodología de la investigación* (6° edición). McGRAW-HILL .
- ISO 55000 2014. Sistema de gestión
- Jaramillo-Alcázar, A., Govea, J., & Villegas-Ch, W. (2023). Anomaly Detection in a Smart Industrial Machinery Plant Using IoT and Machine Learning. *Sensors*, 23(19). <https://doi.org/10.3390/s23198286>
- Lu, Y., Mi, J., Liang, H., Cheng, Y., & Bai, L. (2022). Intelligent fault diagnosis of rotating machinery based on a novel lightweight convolutional neural network. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part O: Journal of Risk and Reliability*, 236(4), 554–569. <https://doi.org/10.1177/1748006X20965016>
- Maleki, E., Belkadi, F., & Bernard, A. (2022). A conceptual framework for through-life services in industrial machinery. En N. Anwer (Ed.), *Procedia CIRP* (Vol. 109, pp. 425–430). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.05.273>
- Montoya Rendón, F. (2021). *PROYECCIÓN DE UNA ZONA CENTRALIZADA DE GENERACIÓN DE VAPOR DE AGUA PARA PREFORMA DE PARTES DE JEANS POR MEDIO DE PLANCHAS EN LA SECCIÓN DE CONFECCIÓN DE LA EMPRESA C.I. JEANS S.A.S.* [Tesis de Pregrado]. Universidad de Antioquia.
- Panta Miranda, D. J. (2021). *Análisis y diseño de nave industrial de concreto armado con puente grúa.* <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio//handle/20.500.12404/18608>
- Parra, C., Viveros, P., Kristjanpoller, F., & Crespo Márquez, A. (2021). Técnicas de auditorías para los procesos de: mantenimiento, fiabilidad operacional y gestión de activos (AMORMS & AMS-ISO 55001). En *INGEMAN, Escuela Superior de Ingenieros Industriales, Sevilla, España* (Vol. 2, Número 35842.61124). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.35842.61124/4>

- Pérez, V. (2020). Fundamentos terotecnologicos para reemplazo de equipos industriales en la gestion de activos. *Revista Ingeniería Industrial, ISSN-e 0717-9103, Vol. 19, N°. 1, 2020, págs. 57-74, 19(1), 57–74.*
<https://doi.org/10.22320/S07179103/2020.4>
- Postes Camel. (2024, junio 12). *Nosotros | Postes Camel.* <https://postescamel.com>.
<https://postescamel.com/nosotros/>
- SAAF. (2023, diciembre 18). *Avaluó de Maquinaria I Valuación Maquinaria ¿Que es? Software activo fijo.* <https://softwareactivoefijo.com/valuacion-maquinaria-y-equipo/>
- Sampson, S. (2023). Enterprise Value to Invested Capital: The Best Multiple You've (N)ever Used. *Journal of Property Tax Assessment and Administration, 20(2), 35–54.*
<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85182377906&partnerID=40&md5=e9059e526f7796384e40332ead650082>
- Santamaría, S. (2022, mayo 27). *Japón y su contribución en los avances hacia la Sociedad 5.0.* Camara Colombo Japonesa de Comercio e Industria.
<https://www.camaracolombojaponesa.org/post/jap%C3%B3n-y-su-contribuci%C3%B3n-en-los-avances-hacia-la-sociedad-5-0>
- Silva, H. M., & Wojewoda, J. (2023). Sensitivity Analysis of Internally Reinforced Beam-Subjected Torsion Loading. *Engineering Proceedings, 56(1), 284.*
<https://doi.org/10.3390/ASEC2023-15815>
- Song, M., Kim, M., Qin, Z., Kim, D., Jeon, N., & Lyu, S. (2019). A study on the optimal design of drive gear for transfer gearbox. *Journal of the Korean Society for Precision Engineering, 36(2), 121–126.*
<https://doi.org/10.7736/KSPE.2019.36.2.121>
- Trejos Gutierrez, J. O. (2017). Normatividad internacional aplicable al ciclo de vida en activos industriales.

Valle Pilco, H. (2021). Rediseño de red de distribución de vapor en una planta de procesamiento de achiote para mejorar los índices de consumo en la producción de vapor. *Repositorio Institucional - UTP*.
<http://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/6266>

Zamora Olmedo, C. X. (2022). *Repotenciación del sistema de vapor para la optimización de la producción en la empresa LATINA S.A.*
<http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/56631>

11 APENDICES

Apéndice 1. Imágenes del Puente Grúa



Apéndice 2. Imágenes del Puente Grúa

