

Estrategias de Liderazgo, Planificación y Control Operativo, incluido el ciclo de vida en la gestión de activos mineros.

Ivette Alejandra Álvarez Santana

Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Valle, Cali

Nota del autor

Ivette A. Álvarez Santana; Escuela de Ingeniería Mecánica, Universidad del Valle, Cali.

Este documento cuenta con la dirección de proyecto de tesis del Doctor PhD. Luis Alberto Mora Gutiérrez y M.Sc. Adolfo Gómez Perlaza.

Trabajo de Profundización para optar por el título de Magister en Gestión de Activos y Mantenimiento.

Cualquier mensaje con respecto a este trabajo debe ser enviado a la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Valle, Cali, Colombia.

E-mail: ivette.alvarez@correounivalle.edu.co

Año de publicación: 2026

Resumen

El presente trabajo de investigación tiene como propósito fortalecer la gestión de activos en el departamento de mantenimiento de la planta de procesos de una empresa minera ecuatoriana. A partir de un diagnóstico de madurez en gestión de activos basado en la Norma ISO 55001, se identifican debilidades en los pilares de Liderazgo y de Planificación y Control Operativo, que incluye la gestión del ciclo de vida del activo. Estas brechas limitan la capacidad de la organización para alinear sus decisiones técnicas con los objetivos estratégicos y con una visión de valor en el largo plazo.

La investigación se orienta a diseñar planes de acción con indicadores de cumplimiento que promuevan el desarrollo de dichos pilares, empleando la ISO 55001 como marco de referencia e integrando lineamientos de la UNE-EN 60300-3-3, la UNE-EN 15341 y las buenas prácticas de la SMRP.

Desde un enfoque cualitativo y de estudio de caso, se analizan prácticas actuales, dinámicas organizacionales y factores que influyen en la toma de decisiones sobre los activos, complementando este análisis con el ciclo de mejora continua PDCA como estructura de ordenamiento.

Como resultado, se proponen planes de acción estructurados para Liderazgo y para Ciclo de Vida del Activo, que incorporan responsables, recursos, metas e indicadores de desempeño. Estas propuestas fortalecen la cultura de liderazgo en mantenimiento, mejoran el uso de la información del ciclo de vida y proporcionan a la empresa una hoja de ruta para avanzar hacia niveles superiores de madurez en gestión de activos, contribuyendo a una operación minera más confiable, eficiente y sostenible.

Palabras clave: Gestión de Activos, ISO 55001, liderazgo, ciclo de vida del activo, planes de acción, cultura organizacional, mejora continua, competitividad minera.

Abstract

This research aims to strengthen asset management within the maintenance department of the process plant of an Ecuadorian mining company. Based on an asset management maturity assessment aligned with ISO 55001, weaknesses were identified in the pillars of Leadership and Operational Planning and Control, including life cycle management of the asset. These gaps limit the organization's ability to align technical decisions with strategic objectives and with a long-term value perspective.

The study focuses on designing action plans with performance indicators to foster the development of these pillars, using ISO 55001 as the main reference framework and integrating guidelines from UNE-EN 60300-3-3, UNE-EN 15341 and SMRP Best Practices. Following a qualitative case-study approach, current practices, organizational dynamics and factors influencing decision-making on assets are analyzed, and the continuous improvement cycle (PDCA) is used as the structuring methodology for organizing proposals and interventions.

As a result, structured action plans are proposed for Leadership and for Asset Life Cycle, incorporating responsible roles, required resources, targets and performance indicators. These proposals seek to strengthen the leadership culture in maintenance, improve the use of life-cycle information and provide the company with a roadmap for progressing towards higher levels of asset management maturity. In this way, the research contributes to a more reliable, efficient and sustainable mining operation, consistent with the principles of ISO 55001 and complementary international standards.

Keywords: asset management, ISO 55001, leadership, asset life cycle, action plans, organizational culture, continuous improvement, mining competitiveness.

Contenido

Contenido

Resumen	2
Abstract	3
Contenido	4
Figuras	6
Tablas	7
Introducción y Contexto Operacional	8
Planteamiento del problema	10
Límites del problema	11
Justificación	15
Viabilidad de la idea del trabajo de profundización	16
Objetivos.....	18
General	18
Específicos	18
Marco teórico.....	20
Gestión de Activos Alineado a la ISO 55001: Liderazgo y Compromiso.....	21
Mantenimiento en Gestión de Activos: Planificación y Control Operativo	21
Análisis del Costo de Ciclo de Vida: Extensión del Ciclo de Vida.....	22
Gestión de la Información y Medición de KPIs: Normas y Estándares Relacionados	22
Herramientas de Confiabilidad: Modelos de Diagnósticos y Madurez Organizacional	23
Aplicaciones en el Contexto Minero Ecuatoriano.....	23
Antecedentes de la investigación o del proyecto	24
Estado del arte	27
Marco o Elaboración metodológicos	29
Tipo de estudio y de análisis a desarrollar	29
Exploratorio	29
Descriptivo	30
Muestreo poblacional.....	30
Fases del proyecto.....	31
Fase 1: Recopilación de información inicial.....	31
Fase 2: Definición de objetivos	31
Fase 3: Levantamiento del estado actual	31
Fase 4: Elaboración y presentación de planes de acción.....	32
Desarrollo	33
Objetivo 1 – Conocimiento	33
Metodología de Análisis de Brechas (Gap Analysis)	33
Uso de PAS 55 e ISO 55000 como herramienta de diagnóstico	35
Metodología de trabajo para la evaluación de la empresa minera.....	36
Producto resultante.....	41
Conclusiones del objetivo 1	44
Objetivo 2 – Comprensión	46
Metodologías para el desarrollo de Liderazgo y Compromiso	46
Metodologías para el desarrollo de Planificación y Control Operativo incluida la gestión de activos.....	49
Beneficios del pilar de liderazgo y compromiso	54
Beneficios del pilar planificación y control operativo incluida la gestión de activos.....	55

Conclusiones del objetivo 2	56
Objetivo 3 – Aplicación	59
Marco Normativo y Conceptual	59
Escala de Likert	61
Diseño de Encuesta para Liderazgo y Compromiso	62
Diseño de Encuesta para Ciclo de Vida del Activo	65
Conclusiones Objetivo 3	68
Objetivo 4 – Análisis	69
Metodología del Instrumento de Medición	69
Población Muestral y Procedimiento de Aplicación	69
Resultados del Análisis Situacional	71
Análisis de Brechas	78
Conclusiones del Objetivo 4	82
Objetivo 5 – Síntesis	84
Ciclo PHVA (Planear, Hacer, Verificar, Actuar)	85
Articulación de categorías y problemas raíz para el ciclo PHVA	87
Indicadores de desempeño	89
Plan de acción para el desarrollo de Liderazgo y Compromiso	94
Plan de acción para el desarrollo del Ciclo de Vida	98
Conclusiones del objetivo 5	103
Objetivo 6 – Conclusiones	105
<i>Descripción de cómo se alcanza el logro de los objetivos</i>	<i>107</i>
UNO – Conocimiento	107
DOS – Comprensión	107
TRES – Aplicación	107
CUATRO – Análisis	108
CINCO – Síntesis	108
SEIS – Conclusiones	109
<i>Resultados más relevantes</i>	<i>110</i>
Resultados del proceso de diagnóstico de la empresa minera	110
Beneficios del desarrollo de Liderazgo, Planificación y Control Operativo	110
Diseño de la herramienta de investigación	111
Liderazgo y Compromiso	111
Ciclo de Vida del Activo	112
Resultados del estado actual sobre Liderazgo y Ciclo de Vida	114
Planes de acción para impulsar el Liderazgo y Ciclo de Vida	115
<i>Referencias</i>	<i>117</i>
<i>Anexos</i>	<i>127</i>
Anexo 1 - Tablas de respuestas de la encuesta del pilar 5.1 – Liderazgo y Compromiso (Google Forms)	127
Anexo 2 - Tablas de respuestas de la encuesta del pilar 8.1 Ciclo de Vida del Activo (Google Forms)	128

Figuras

Figura 1. Relaciones entre los procesos de mantenimiento y otros procesos del sistema de gestión de los activos físicos	13
Figura 2. Relación integral de las asignaturas dentro del programa de Maestría en Gestión de Activos y Mantenimiento	20
Figura 3. Cinco etapas fundamentales del análisis de brechas (Gap Analysis)	33
Figura 4. Categorías del Proceso de Evaluación	36
Figura 5. Escala de Madurez Organizacional	39
Figura 6. Población muestral de acuerdo al organigrama de la Planta de Procesos.....	70
Figura 7. Distribución de la Muestra Poblacional por Nivel de Responsabilidad	72
Figura 8. Diagrama tipo Radar del Nivel de Desarrollo del Pilar 5.1 – Liderazgo y Compromiso	74
Figura 9. Diagrama tipo Radar del Nivel de Desarrollo del Pilar 8.1 – Ciclo de Vida del Activo.....	77
Figura 10. Ciclo PDCA para la mejora continua.....	86

Tablas

Tabla 1. Resultados del proceso de diagnóstico.....	41
Tabla 2. Elementos con menor calificación de diagnóstico	42
Tabla 3. Resultados Promedio de las Encuestas del Pilar 5.1 – Liderazgo y Compromiso según ISO 55001:2024	73
Tabla 4. Resultados Promedio de las Encuestas del Pilar 8.1 – Ciclo de Vida del Activo según ISO 55001:2024	75
Tabla 5. Matriz análisis de brechas - 5.1 Liderazgo y Compromiso	78
Tabla 6. Matriz análisis de brechas - 8.1 Ciclo de Vida del Activo	80
Tabla 7. Síntesis de brechas y problema raíz para el desarrollo de liderazgo y compromiso	87
Tabla 8. Síntesis de brechas y problema raíz para el desarrollo de ciclo de vida del activo	88
Tabla 9. Indicadores UNE-EN 15341 para el Ciclo PHVA.....	90
Tabla 10. Indicadores SMRP para el Ciclo PHVA.....	93
Tabla 11. Plan de acción con ciclo PHVA para impulsar el desarrollo de Liderazgo y Compromiso	94
Tabla 12. Plan de acción con ciclo PHVA para impulsar el desarrollo de Ciclo de Vida del Activo	98
Tabla 13. Resultado del diseño de encuesta para recopilación de información de Liderazgo y Compromiso	111
Tabla 14. Resultado del diseño de encuesta para recopilación de información de Ciclo de Vida del Activo	112

Introducción y Contexto Operacional

La minería ecuatoriana es uno de los sectores estratégicos para el desarrollo económico del país, especialmente las operaciones localizadas en la provincia de Zamora Chinchipe, en el suroriente del país (Esteban Hidalgo, 2023).

Desde el año 2019, una empresa minera a gran escala mantiene un promedio de producción anual de 450.000 onzas de oro e integra un enfoque sostenible junto con el mayor aprovechamiento del mineral con ley promedio de 10,2 g de oro por tonelada.

El material sólido va desde la mina subterránea hacia la Planta de Procesos por medio de maquinaria móvil para ejecutar las operaciones necesarias y obtener los productos finales: barras de doré y concentrado de oro y plata (Molina Cadenillas, 2023).

Este flujo productivo, demandante en términos de disponibilidad y confiabilidad de los activos, requiere de estrategias de mantenimiento y gestión alineadas a estándares internacionales para garantizar su sostenibilidad y competitividad (León Ganchozo et al., 2020).

Desde la puesta en marcha de la planta de procesos de la empresa minera en 2019, el mantenimiento constituye un pilar esencial para la continuidad operativa.

Las actividades de mantenimiento son recomendaciones de fabricantes y parte de la experiencia técnica disponible; sin embargo, permanece subordinada a la Gerencia de Operaciones, lo que hace que los objetivos productivos prevalezcan sobre el cuidado integral de los activos.

Durante el año 2025, la organización lleva a cabo una reestructuración que separa formalmente las funciones de Operaciones y Mantenimiento en dos gerencias independientes, con el propósito de clarificar responsabilidades, fortalecer la especialización técnica y mejorar la toma de decisiones sobre los activos.

La nueva estructura persigue que cada gerencia defina con mayor precisión sus prioridades y estrategias. Sin embargo, este cambio organizacional pone en evidencia la necesidad de comprender con mayor profundidad el estado de madurez de los procesos de

mantenimiento y su grado de alineación con las necesidades del negocio. Por ello, en 2024 se contrata a una entidad externa especializada para realizar un diagnóstico de gestión de activos en el área de Mantenimiento de la planta de procesos, utilizando como referencia la Norma ISO 55001.

Los resultados de este diagnóstico ubican a la organización en un nivel de “entendimiento” de la gestión de activos y señalan como pilares más críticos los de Liderazgo y de Planificación y Control Operativo, particularmente en lo relacionado con la gestión del ciclo de vida del activo.

Aunque los informes detallados son de carácter confidencial, se identifican claramente áreas prioritarias de intervención, tales como el fortalecimiento del rol de la alta dirección en la gestión de activos, la integración sistemática de la información del ciclo de vida en la toma de decisiones y la necesidad de contar con indicadores de desempeño que den soporte a la mejora continua.

Este contexto justifica la presente investigación, orientada a proponer lineamientos y planes de acción que permitan avanzar hacia mayores niveles de madurez en gestión de activos en la planta de procesos.

Planteamiento del problema

Los resultados del proceso de diagnóstico de gestión de activos aplicado en el área de Mantenimiento de la planta de procesos de una empresa minera ecuatoriana evidencian que los pilares de Liderazgo y Ciclo de Vida del Activo se encuentran entre los componentes con más baja calificación.

En la evaluación realizada en el año 2025, los pilares de Liderazgo y Ciclo de Vida del Activo obtuvieron puntuaciones de 2,0/5 y 1,8/5, respectivamente, situándose ambos en el nivel de “conciencia” según la escala de madurez presentada en la Figura 5. Este resultado los ubica en el tramo inferior de la evaluación y evidencia una brecha significativa.

En contraste, otros pilares evaluados, como Mantenimiento Basado en Condición, Integración con Abastecimiento y Seguridad y Salud Ocupacional, registraron valores cercanos a 3/5, correspondientes al nivel de “entendimiento”. Esta diferencia de, al menos, un nivel de madurez y alrededor de un punto en la escala de calificación refleja que Liderazgo y Ciclo de Vida del Activo se encuentran entre los componentes más rezagados del sistema, poniendo de manifiesto, de forma clara, la dimensión del problema que constituye el foco de este estudio.

Los resultados del diagnóstico se complementan con indicadores operativos y de mantenimiento que evidencian la magnitud del problema. Durante el último año, la planta registró una desviación de aproximadamente USD \$4 millones sobre el presupuesto inicial de mantenimiento, además de cerca de USD \$6 millones adicionales asociados a mantenimientos no presupuestados. A esto se suma una reducción de 1,81 puntos porcentuales en la disponibilidad de equipos críticos vinculados a decisiones de ciclo de vida.

En conjunto, estos datos cuantitativos refuerzan la decisión de la directiva y de los responsables de mantenimiento de que los pilares de Liderazgo y Ciclo de Vida del Activo son, efectivamente, los más urgentes de fortalecer dentro del sistema de gestión de activos.

La carencia de una estructura sólida en liderazgo, dentro la empresa minera, limita la creación de una cultura organizacional que priorice la gestión efectividad de los activos,

mientras que las debilidades en la gestión del ciclo de vida reducen la capacidad de anticipar costos, riesgos y necesidades de renovación (Baque Mite & Mera Chinga, 2020).

Aunque la empresa tiene intención para estructurar su gestión de activos, la ausencia de planes de acción específicos, indicadores de desempeño claramente definidos y mecanismos formales de seguimiento limita la posibilidad de avanzar hacia niveles superiores de madurez y de asegurar una gestión sostenible de sus activos físicos.

En este contexto, el problema que aborda la presente investigación se formula de la siguiente manera: ¿cómo diseñar planes de acción con indicadores de cumplimiento que contribuyan a fortalecer los pilares de Liderazgo y Ciclo de Vida del Activo, de modo que se facilite la alineación entre la gestión de activos en el área de Mantenimiento de la planta de procesos y los requisitos de la Norma ISO 55001?

Límites del problema

El presente trabajo de profundización inicia con la identificación de los resultados de baja ponderación, de un proceso de diagnóstico de gestión de activos del departamento de mantenimiento bajo los lineamientos de la norma ISO 55001 y finaliza con el alcance del desarrollo de propuestas de planes de acción para el cumplimiento de los pilares de liderazgo y compromiso (5.1) y planificación y control operativo (8.1).

Cabe mencionar que no aborda todo el espectro de la gestión de activos, sino la zona crítica en el que la alta dirección impulsa la dirección estratégica del y los mecanismos operativos que aseguran la ejecución coherente del ciclo de vida de los activos.

La norma UNE-EN 60300-3-3 señala que la gestión del ciclo de vida se considera desde la concepción hasta la disposición del activo y que integra costos, desempeño y riesgo, mediante un proceso sistemático de análisis y toma de decisiones (González, 2025).

Específicamente, el numeral 5 describe el proceso sistemático para determinar y gestionar el costo del ciclo de vida y propone las decisiones para adquisición, operación, mantenimiento y disposición final del activo no solo en el costo inicial sino en la suma de todo lo

que se asocia en su utilización a lo largo de su vida útil. Además, considera su desempeño, riesgo y confiabilidad.

Además, la norma UNE-EN 15341 Indicadores Clave de rendimiento del mantenimiento, define *KPIs* claros para monitorear y verificar que el liderazgo cumpla sus metas operativas, en alineación al pilar 5.1 (M. Oliveira, 2016).

Los KPI de ingeniería de mantenimiento aportan información sobre la capacidad del activo para operar sin fallas y recuperar rápidamente ante interrupciones, reflejando así su mantenibilidad.

Los indicadores económicos reflejan el rendimiento del activo para relacionar costos de operación y mantenimiento con la productividad real.

Los indicadores de mantenibilidad y confiabilidad valoran la capacidad del activo para cumplir su función dentro del sistema productivo con el nivel de desempeño requerido.

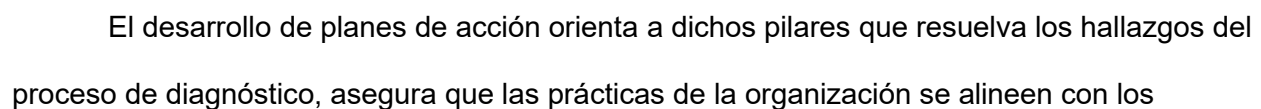
Asimismo, varios pilares de la metodología TPM refuerzan directamente el liderazgo en una organización, como lo son: educación y entrenamiento, mantenimiento autónomo, mejora enfocada, seguridad, salud y medio ambiente, planificación del mantenimiento y gestión temprana de equipos.

El compromiso directivo es el motor del TPM porque muestra que la alta dirección habilita recursos, prioriza funciones y consolida la participación de operadores (Díaz Reza, 2018).

Desarrollar un marco para la medición del desempeño de la función de mantenimiento, destaca la necesidad de conectar indicadores técnicos con objetivos estratégicos de la organización. Enfatizar que el liderazgo define, supervisa y comunica las métricas clave para que el mantenimiento aporte valor y competitividad, según como se define en la SMRP.

El pilar 5.1 impulsa la coherencia entre los resultados de mantenimiento, la mejora organizacional y la creación de valor sostenible a lo largo del ciclo de vida del activo.

Relaciones entre los procesos de mantenimiento y otros procesos del sistema de gestión de los activos físicos



principios de mejora continua y creación de valor (Castrejón Martínez & Leal Calua, 2023) (Benítez Valenzuela, 2018).

El presente desarrollo limita únicamente a la propuesta de planes de acción, sin abarcar su implementación operativa dentro de la organización. Existen estudio que comprueban prácticas en las cuales diseñan estrategias sin ejecutar en campo (Chinchayan Huaman & Guillen Villanueva, 2021).

Es relevante señalar que la documentación sobre este proceso de diagnóstico es de carácter confidencial por lo que no está disponible para difusión pública. Sin embargo, con el fin de posibilitar el análisis académico, la organización proporciona un documento específico que detallan las calificaciones finales de cada elemento.

El avance sobre el levantamiento de hallazgos se limita por la falta de claridad de si está en marcha una nueva auditoría o evaluación de seguimiento que permita verificar el cierre de las no conformidades.

Justificación

El fortalecimiento del pilar de Liderazgo y Compromiso en la gestión de activos representa un componente fundamental y asegura que la alta dirección adopte un rol activo y visible en los procesos de toma de decisiones estratégicas (Osorio Maita, 2019).

Las decisiones sobre los activos integran la visión corporativa con los objetivos del negocio. Un liderazgo claro y que promueve una cultura organizacional orientada a la excelencia. El liderazgo y el compromiso se sostiene en todos los niveles son cruciales para una gestión exitosa de activos (Parida, 2015).

La consolidación de la Planificación Operativa con énfasis en el Ciclo de Vida del Activo constituye una herramienta estratégica que optimiza el valor del activo, disminuye riesgos durante su vida útil, y mejora la efectividad en mantenimiento, reparación y renovación.

Este enfoque abarca la evaluación de costos desde el diseño y adquisición, la mejora en tiempos de reparación y disponibilidad, y la definición de criterios técnicos y financieros que guíen decisiones sobre renovación o reemplazo.

La aplicación de modelos de ciclo de vida contribuye a la sostenibilidad, eficiencia energética y toma de decisiones informadas en la gestión de activos (João et al., 2023)

Integrar Liderazgo y ciclo de vida del activo en la gestión organizacional promueve decisiones alineadas con los objetivos estratégicos de la empresa, favorece una cultura de responsabilidad compartida y respalda un uso efectivo de los recursos, lo que incrementa la competitividad y la resiliencia en entornos exigentes (Herrera Escobedo, 2023).

Viabilidad de la idea del trabajo de profundización

La viabilidad técnica de la idea del trabajo de profundización es alta, ya que la organización dispone de los recursos y competencias necesarios para mejorar los pilares con menor calificación que resultan del proceso de diagnóstico inicial.

La presencia de un departamento de confiabilidad refuerza el soporte técnico, analítico y operativo para ejecutar el proyecto. Además, asegura la continuidad y sostenibilidad de las propuestas de planes de acción.

La gerencia de mantenimiento y el departamento de confiabilidad de la planta de procesos de la empresa minera, cuentan con personal competente que aporte con información relevante para el desarrollo de los planes de acción que propone esta investigación, lo que garantiza la comprensión de requisitos técnicos y conceptuales.

Además, los recursos tecnológicos disponibles que son computadores con software *Enterprise Resource Planning* (ERP) como *System, Applications and Products in Data Processing* (SAP) que gestionan la información de los activos y procesos de mantenimiento para el análisis y seguimiento de resultados.

Desde el sistema organizacional de la empresa minera el presente trabajo de profundización es viable ya que en su estructura considera la existencia de liderazgo dentro de la gerencia de mantenimiento y demuestra el compromiso con la adopción de buenas prácticas de gestión de activos.

Un liderazgo activo favorece la colaboración entre equipos multidisciplinarios junto con fomentar la cultura colaborativa necesaria para el desarrollo e implementación de acciones correctivas.

Este compromiso directivo asegura la disponibilidad de recursos y refuerza la gobernanza corporativa. Además, garantiza que los resultados resultantes de la gestión de activos tengan un impacto real y cuantificable (Pazmiño Carrera, 2021).

La propuesta metodológica enmarca en un enfoque cualitativo, que busca desarrollar las herramientas necesarias para el cumplimiento de los ítems 5.1 liderazgo y compromiso y 8.1 ciclo de vida, de la norma ISO 55001 y obtiene una comprensión profunda de los factores en relación con el liderazgo y la gestión del ciclo de vida de los activos.

Este estudio usa encuestas cuantitativas para identificar estilos de liderazgo efectivos en la industria extractiva, destaca la adaptación del líder al contexto y las competencias situacionales como claves para el desempeño organizacional (Chevane, 2017).

Los resultados de encuestas y análisis son el insumo para el diseño de planes de acción que robustecen los pilares de Liderazgo y Ciclo de Vida del Activo, potencian capacidades organizacionales, consolidan una cultura de gestión efectiva y generan valor sostenible a largo plazo.

Es importante destacar que los documentos completos correspondientes al primer proceso de diagnóstico que se aplica en la Organización sobre Gestión de Activos son de carácter confidencial y no están publicados para uso externo.

No obstante, la Organización me autoriza y facilita documentos específicos en los que detallan únicamente los elementos con menor calificación, información necesaria para el análisis académico y la construcción de los planes de acción.

Dichos documentos utilizo exclusivamente con fines investigativos, con la reserva y protección de la información correspondiente, por lo que no se divulga fuera del alcance de este estudio.

Objetivos

La formulación de los objetivos se sustenta en los aportes teóricos de la taxonomía de Bloom y el modelo de aprendizaje de Gagné que permite estructurar el desarrollo de competencias de manera progresiva hacia resultados.

La taxonomía de Bloom plantea niveles cognitivos que evolucionan desde recordar y comprender hasta analizar, evaluar y crear, así establece una ruta para el desarrollo del pensamiento de orden superior (Heer, 2012).

Asimismo, Gagné propone una secuencia de condiciones internas y externas que facilitan el aprendizaje significativo y la transferencia del conocimiento hacia el desempeño real.

La integración de ambos enfoques fortalece la coherencia de los objetivos general y específico y garantizan que estos respondan a procesos cognitivos claros, medibles y en alineación.

General

Diseñar planes de acción para promover el desarrollo de los pilares de Liderazgo y Ciclo de vida, de la Norma ISO 55001 incluyendo métricas de desempeño con respaldo de la UNE-EN 15341 y SMRP Best Practices; así como los beneficios aplicables con base en las normas UNE-EN 60300-3-3, y la metodología de Mantenimiento Productivo Total.

Específicos

Se describen de forma secuencial, con el fin de comprender mejor la dimensión del alcance del proyecto.

UNO - Conocimiento. Identificar los elementos más relevantes resultados del proceso de diagnóstico de Gestión de Activos alineados a la Norma ISO 55001, que se aplica al área de Mantenimiento en la Planta de Procesos de una empresa minera como parte de un proceso de reestructuración de gerencias.

DOS - Comprensión. Expresar metodologías y beneficios del desarrollo de los requerimientos de Liderazgos y Compromiso, Planificación y Control Operativo incluida la gestión de activos, de la Norma ISO 55001 en la Planta de Procesos de una empresa minera.

TRES - Aplicación. Construir el instrumento de investigación en el cual permita la recopilación sistemática del nivel de desarrollo e implementación de los pilares de Liderazgo y Ciclo de Vida del Activo alineados a la Norma ISO 55001 y con respaldo de la UNE-EN-60300-3-3 y la metodología de Mantenimiento Productivo Total de una empresa minera.

CUATRO - Análisis. Explicar el análisis situacional del desarrollo e implementación actual para los requerimientos 5.1 y 8.1 de la Norma ISO 55001 que se obtienen de la aplicación del instrumento de investigación en una empresa minera.

CINCO - Síntesis. Construir planes de acción con indicadores de cumplimiento para promover el desarrollo de Liderazgo y Ciclo de Vida del Activo con base en la Norma ISO 55001 relacionando las normas UNE-EN-15341 y SMRP *Best Practices* en una empresa minera.

SEIS – Conclusiones. Lograr la integración normativa, metodológica y organizacional para la propuesta de los planes de acción en cumplimiento a los pilares de Liderazgo y Ciclo de Vida del Activo de la Norma ISO 55001 en una empresa minera.

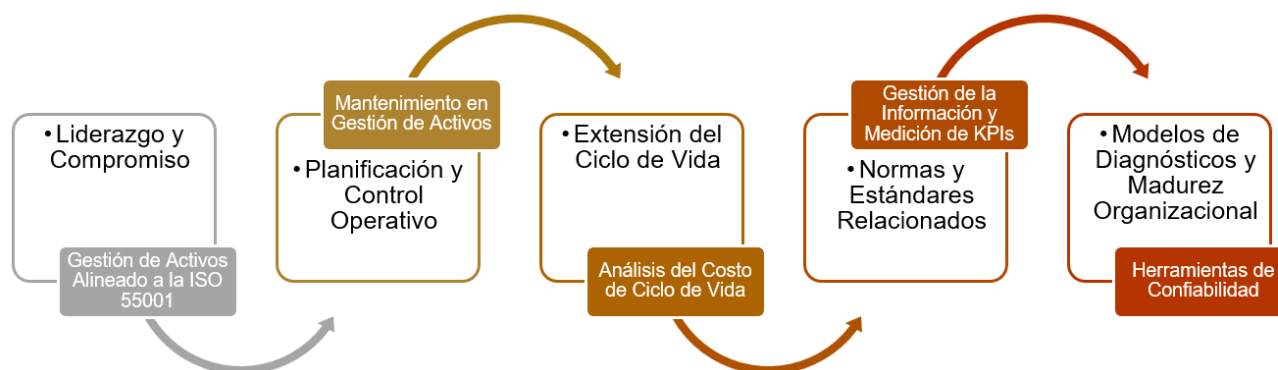
Marco teórico

El presente marco teórico relaciona la información de las distintas asignaturas que forman parte del programa de Maestría en Gestión de Activos y Mantenimiento. Dichas asignaturas proporcionan fundamentos conceptuales, metodológicos y prácticos para comprender de manera integral la gestión del ciclo de vida de los ciclos y el rol estratégico del mantenimiento dentro de las organizaciones.

Este desarrollo académico es la base para sustentar el presente trabajo de profundización, en tanto ofrece herramientas analíticas y enfoques normativos que facilitan una visión sistémica, alineada a estándares internacionales como la Norma ISO 55001.

Figura 2.

Relación integral de las asignaturas dentro del programa de Maestría en Gestión de Activos y Mantenimiento



Nota: Interrelación de asignaturas fortalece visión sistémica y competencias en gestión integral de activos. Elaboración propia¹

De esta forma, el marco teórico sirve como referencia conceptual y guía para la aplicación de conocimientos en el análisis y propuesta que se plantea en el presente estudio.

¹ En adelante todas las figuras que no tenga cita se entiende de autoría del propio autor.

La gestión de activos es una herramienta cada vez más relevante para organizaciones con alta intensidad de capital, como las mineras, pues involucra la administración sistemática del ciclo de vida de los activos físicos con el fin de maximizar su valor, reducir riesgos y asegurar la sostenibilidad operativa y financiera a largo plazo.

La ISO 55001 emerge como un estándar internacional que articula requisitos para implementar un Sistema de Gestión de Activos, donde el liderazgo, la planificación, el control operativo y la gestión del ciclo de vida son pilares críticos que deben operar de forma integrada para avanzar hacia niveles mayores de madurez organizacional (Pais et al., 2019).

Gestión de Activos Alineado a la ISO 55001: Liderazgo y Compromiso

El liderazgo es necesario para que una organización adopte y mantenga prácticas robustas de gestión de activos. La alta dirección demuestra compromiso, asigna recursos, define roles y responsabilidades claras, impulsa una cultura orientada al cumplimiento de objetivos estratégicos y hace seguimiento constante del desempeño de los activos (D. Komljenovic et al., 2015).

El contexto minero, tiene decisiones relativas a mantenimiento, operación y reemplazo de activos, esto tiene impactos significativos en costos, seguridad y continuidad operacional, el liderazgo estratégico es un diferenciador clave para la efectividad y sostenibilidad.

En Ecuador, por ejemplo, estudios que analizan la sostenibilidad de la minería reconocen la necesidad de fortalecer la gobernanza institucional y la transparencia como parte del liderazgo en la gestión sectorial (Toledo Rivadeneira et al., 2023).

Mantenimiento en Gestión de Activos: Planificación y Control Operativo

La planificación estratégica de activos define políticas, objetivos, metas, recursos, procesos operativos, estrategias de mantenimiento, control de riesgos y establecimiento de métricas de desempeño.

El control operativo complementa la planificación al dar sustento práctico: medir, verificar, monitorear, retroalimentar y ejecutar acciones correctivas y asegura que el rendimiento real de los activos se alinee con la planificación.

Estudios de ingeniería industrial, incluso fuera del sector minero, muestran que cuando no hay una planificación clara ni indicadores, las empresas operan con márgenes de eficiencia bajos (León Ganchozo et al., 2020).

Análisis del Costo de Ciclo de Vida: Extensión del Ciclo de Vida

El ciclo de vida del activo comprende todas sus fases: diseño, adquisición, operación, mantenimiento y disposición o desincorporación. Una gestión integral del ciclo de vida permite evaluar no solo el CAPEX sino también el OPEX para prever degradaciones y obsolescencias, planificar la logística de repuestos, y decidir cuándo reparar, renovar o retirar un activo con base en análisis costo-beneficio (costos de ciclo de vida).

En el contexto ecuatoriano, ciertos estudios universitarios aplican principios semejantes: por ejemplo, la investigación sobre la pequeña minería en el Ecuador que propone una guía de procesos que basa la economía circular explícitamente y busca la extensión del ciclo de vida, la gestión de materias primas y el fin de la vida útil del producto como parte de la sostenibilidad operativa (Hidalgo, 2023).

Gestión de la Información y Medición de KPIs: Normas y Estándares Relacionados

Dentro del marco normativo internacional, el conjunto de Normas ISO 55000 constituye el eje normativo principal para gestión de activos. A su lado, otras normas como la ISO 14224 alimenta los procesos de control operativo y planificación con base en evidencia técnica.

En Latinoamérica, aunque la adopción de ISO 55001 todavía no es universal, hay trabajos de tesis y proyectos que aplican esta norma en organizaciones ecuatorianas en otros sectores productivos (Iragorri, 2015).

Herramientas de Confiabilidad: Modelos de Diagnósticos y Madurez Organizacional

Para determinar el estado actual de la gestión de activos en una organización, la utilización de modelos de diagnóstico que basan los requisitos de ISO 55001 puntúan diferentes dimensiones: liderazgo, planificación, control operativo, gestión del ciclo de vida, recursos humanos, tecnología, cultura organizacional, etc.

Estos diagnósticos identifican brechas, prioriza intervenciones y diseña planes de acción. En el caso particular de Ecuador, la empresa Tecnoblock S.A. es objeto de una tesis que evalúa su sistema de gestión de activos con base en ISO 55000, se usa matrices FODA e identifica debilidades y oportunidades, por lo que evidencia que el enfoque diagnóstico tiene aplicación local (Cerezo & Lissette, 2021).

Aplicaciones en el Contexto Minero Ecuatoriano

Aunque hay literatura general sobre minería y sostenibilidad en Ecuador, los estudios específicos que articulan gestión de activos con liderazgo, planificación operativa, control operativo y ciclo de vida son todavía escasos.

Por ejemplo, el artículo Aproximación al estado del arte de la sostenibilidad de la minería metálica en el Ecuador identifica una producción académica creciente relacionada con la minería sostenible, pero pocas investigaciones que profundicen en los sistemas de gestión de activos como tal (Toledo Rivadeneira et al., 2023).

Asimismo, proyectos institucionales como el de CELEC EP demuestran la implementación práctica del modelo de gestión de activos en otros sectores estratégicos, lo que puede servir como referencia para la minería nacional (CELEC EP, 2023).

Antecedentes de la investigación o del proyecto

La función de mantenimiento desde el inicio de la operación de la planta de procesos en 2019 de la empresa minera ecuatoriana es primordial para sostener la continuidad productiva. Las estrategias surgen desde las recomendaciones del fabricante, mantenimientos preventivos genéricos y la experiencia técnica de especialistas extranjeros.

Aplicar solo mantenimientos tradicionales limita la flexibilidad frente a nuevas exigencias y transita hacia sistemas de gestión de activos con mejor estructura (Parra Marquez & Crespo Márquez, 2019).

Cuando la planta aumenta el volumen de producción, emerge la necesidad de adoptar enfoques predictivos y fiables. Con el monitoreo basado en condición como estrategia ante este desafío, permite anticiparse a fallas y asegura la disponibilidad de repuestos críticos que reduce paradas imprevistas.

A pesar del gran desafío que corresponde incrementar producción, el área de mantenimiento logra sostener la confiabilidad y disponibilidad para incluso sobrepasar metas productivas, lo cual evidencia el valor estratégico del mantenimiento como socio del negocio.

No obstante, hasta el 2025, el departamento de mantenimiento es subordinado por la gerencia de operaciones, lo que prioriza los objetivos productivos por encima del cuidado integral de los activos.

Cuando mantenimiento y operaciones se separan organizacionalmente, los líderes enfrentan desafíos de coordinación, comunicación y cultura y también logran mayor autonomía y enfoque estratégico. La necesidad del liderazgo colaborativo equilibra efectividad productiva y confiable de los activos (Lundgren, 2023).

Un aspecto determinante en esta transición es el proceso de diagnóstico antes de modificar la estructura gerencial. El propósito comprende, desde una mirada integral, el estado real de los procesos de mantenimiento y evalúa en qué medida las prácticas existentes responden a las necesidades estratégicas de la organización.

En 2024, una empresa consultora externa especializada en evaluación de madurez organizacional bajo estándares internacionales ejecuta, por primera vez, un proceso de diagnóstico de gestión de activos en la Planta de Procesos de una empresa minera, el cual es un insumo inicial para el desarrollo del presente trabajo de profundización.

Un proceso de diagnóstico es un punto de partida para comprender el grado de alineación de la organización con los principios de gestión de activos y promueve la mejora continua y toma de decisiones con base en la generación de valor (Pais et al., 2019).

Este insumo inicial mide el nivel de implementación de la organización en relación con las buenas prácticas de gestión de activos, y toma como referencia lineamientos basados en la norma ISO 55001.

El diagnóstico se concentra de manera exclusiva en el área de mantenimiento y se identifican fortalezas y debilidades en los procesos que sostienen la operación de los activos críticos de la planta.

La metodología del diagnóstico contempla la evaluación de tres categorías principales que abarcan la gestión estratégica, táctica y operativa e integra un total de veinte ítems de valoración.

La primera categoría, de carácter estratégico, trata aspectos en relación con la responsabilidad de la dirección, el liderazgo y compromiso, así como la gestión del ciclo de vida del activo. Esta dimensión busca medir a la alta gerencia la manera en que establece directrices claras, promueve la cultura organizacional alineada con la gestión de activos desde su concepción hasta su disposición final con relación a los activos de la industria

La segunda categoría, de nivel táctico, se enfoca en los procesos de gestión intermedios y traduce la estrategia en planes concretos de operación y mantenimiento.

Finalmente, la tercera categoría, de carácter operativo, es la disponibilidad de recursos, herramientas y sistemas para ejecutar de manera efectiva las actividades relacionadas con la gestión de activos.

El resultado global que obtiene la empresa minera es de una calificación de 2,4 sobre 5, lo que corresponde al nivel de madurez de entendimiento. De acuerdo con los lineamientos de la evaluación, este nivel indica que la organización desarrolla planes iniciales e implementa mejores prácticas de gestión y que existen evidencias tangibles de progreso en la asignación de recursos.

En conjunto, los hallazgos del diagnóstico son un antecedente relevante para la presente investigación, en tanto que las brechas son claras en los ámbitos estratégicos y operativos y fundamentales para el desarrollo de un sistema de gestión de activos sólido.

Tras la obtención de los resultados, la directriz de Gerencia de Mantenimiento es de levantar todos los hallazgos, no únicamente de los elementos de menor calificación, sino del total de los 21 ítems que contempla el proceso de diagnóstico.

Estado del arte

El interés por la gestión de activos en industrias intensivas en capital aumenta de forma sostenida en la literatura científica y técnica durante la última década, con la motivación por la necesidad de optimizar el costo total de propiedad, mejorar la disponibilidad operativa, gestionar riesgos y aumentar la sostenibilidad de operaciones que dependen de equipos críticos.

Varios estudios de revisión sintetizan el estado del arte en *asset management*, y señala que la investigación concentra todo en marcos conceptuales (ISO 55000/55001), metodologías de diagnóstico y modelos cuantitativos de optimización para planificación del mantenimiento y programación de equipos, pero que persisten vacíos respecto a la integración práctica de liderazgo organizacional, toma de decisiones estratégicas y adaptación sectorial para la minería (Nakousi et al., 2018).

Esto revela una tensión frecuente en la literatura: abundan herramientas técnicas y modelos de optimización, pero la aplicación sostenida y la transformación organizacional requerida por estándares como ISO 55001 dependen fuertemente del compromiso de la alta dirección y de la cultura organizacional, aspectos que son menos relevantes por trabajos estrictamente técnicos (de-Almeida-e-Pais et al., 2023).

Estudios en la industria minera y otros sectores pesados subrayan que el liderazgo promueve la asignación de recursos, la priorización de activos críticos y la sostenibilidad de programas de mantenimiento, y que la ausencia de ese compromiso es una de las causas principales por las que las iniciativas de *asset management* fracasan o no alcanzan madurez (Komljenovic et al., 2015).

Sobre planificación y control operativo, la literatura contiene tanto estudios de caso con formulaciones cuantitativas como trabajos cualitativos que describen herramientas y procesos (programación de mantenimiento, mantenimiento basado en condición, TPM, análisis de criticidad, LCC).

En cuanto a estudios regionales y latinoamericanos, la producción académica muestra iniciativas de adaptación del marco ISO a realidades locales y estudios de caso en empresas y tesis universitarias. En Ecuador y la región andina existen trabajos de tesis y artículos que aplican la ISO 55000 a procesos productivos, liderazgo y cultura organizacional como factores críticos (León Ganchozo et al., 2020), (Cerezo & Lissette, 2021).

Finalmente, las tendencias actuales de investigación en el estado del arte incluyen la integración entre transformación digital (IoT, sensores), analítica de datos y modelos de gobernanza en alineación con ISO 55001.

Estas brechas justifican investigaciones que propongan herramientas técnicas, que evalúen planes de acción que fortalezcan liderazgo, planificación y control operativo, incluida la gestión del ciclo de vida, con métricas de desempeño claramente definidas y validación empírica en contextos mineros (Parra Márquez & Crespo Márquez, 2019).

Marco o Elaboración metodológicos

La propuesta metodológica del proyecto desarrolla un enfoque cualitativo con una comprensión profunda de los criterios en relación con el liderazgo y la gestión del ciclo de vida de los activos. Este enfoque contextualiza las dinámicas organizacionales y establece las estrategias más adecuadas para el cumplimiento de los requisitos de la norma ISO 55001.

La metodología se apoya en las herramientas de investigación cualitativas que incluyen encuestas y análisis participativo, dirigida a diferentes actores de la organización.

Estos instrumentos obtienen información clave sobre la gestión de activos y las prácticas de liderazgo, facilita el diagnóstico de la situación actual e identifica oportunidades de mejora.

De manera complementaria, el levantamiento del estado actual de los requerimientos 5.1 y 8.1 de la Norma ISO 55001, así como de los indicadores de desempeño que se establecen en las normas UNE-EN 15341 y en la SMRP Best Practices define una línea base de evaluación.

Los resultados son el insumo para el diseño de planes de acción que fortalecen los pilares de Liderazgo y Ciclo de Vida del Activo.

Tipo de estudio y de análisis a desarrollar

El estudio presenta un diseño exploratorio y descriptivo:

Exploratorio

Ya que en la empresa minera existe poco conocimiento previo respecto al diseño e implementación de estrategias específicas en Liderazgo y Ciclo de Vida del Activo. El análisis exploratorio indaga un campo poca documentación y abre nuevas perspectivas para la gestión de activos (Hernández-Sampieri, 2018).

Descriptivo

Se conoce de manera sistemática y objetiva el desarrollo de planes de acción en cumplimiento a la Norma ISO 55001 en relación a los pilares de Liderazgo y Ciclo de Vida del Activo (Hernández-Sampieri, 2018).

La obtención de datos se realiza mediante:

1. Encuestas semi estructuradas, se enfoca en la capacidad de compromiso a nivel directivo y la evaluación integral del ciclo de vida de los activos.
2. Encuestas en profundidad y talleres participativos, comprenden las percepciones de los actores clave y validar los hallazgos.
3. Revisión documental, analiza planes, reportes internos e indicadores de la gestión de activos.

El análisis de la información se refleja en tablas y figuras, así como también el desarrollo de un plan de acción que asegura una visión integral que no solo describa las condiciones actuales, sino también proponga mejoras estructurales para el fortalecimiento de la gestión de activos, en línea con los principios de mejora continua y sostenibilidad establecidos por la ISO 55001.

Muestreo poblacional

El muestreo es no probabilístico de tipo intencional con el criterio de inclusión que pertenezca a miembros de la planta de procesos de la empresa minera, con la siguiente distribución: un director, un gerente de mantenimiento, dos superintendentes de mantenimiento, tres supervisores del área ejecutora y producción, diez coordinadores, cuatro planificadores, cinco técnicos mecánicos y cinco técnicos eléctricos.

Siendo un total de treinta y un participantes claves para alcanzar el propósito de la investigación y que permite una exploración profunda sin comprometer la calidad y riqueza de los datos (Hennink, 2022).

El muestreo de tipo intencional beneficia en investigaciones cuantitativas para obtener información de personas con experiencia directa en el fenómeno de interés e identifica brechas entre la situación actual y la deseada (Vasileiou, 2018).

Fases del proyecto

Fase 1: Recopilación de información inicial

Esta primera etapa recopila y sistematiza la información proveniente del proceso de diagnóstico del año 2024. Esto constituye la base documental y técnica para el desarrollo del proyecto.

Identifica los antecedentes, los hallazgos más relevantes y las brechas en relación con la gestión de activos. Asimismo, evalúa la pertinencia y vigencia de los datos disponibles, garantiza que el análisis posterior se realice con información actualizada y contextualizada a la realidad de la organización.

Fase 2: Definición de objetivos

La definición de los objetivos, principal y específicos, están en alineación con la justificación y los beneficios del proyecto.

Orienta las acciones hacia resultados medibles y pertinentes y asegura que los propósitos del estudio respondan tanto a los lineamientos de la Norma ISO 55001 como a las necesidades estratégicas de la organización.

Fase 3: Levantamiento del estado actual

En esta fase, la herramienta de investigación tipo encuesta desarrolla dos cuestionarios diferentes semi estructurado, se incluye encuestas en profundidad con relación a liderazgo y ciclo de vida (Hernández-Sampieri, 2018).

El diseño del cuestionario considera dos enfoques principales:

1. La capacidad de compromiso a nivel directivo orienta a la evaluación del liderazgo, la gobernanza y el nivel de involucramiento de la alta dirección en la gestión de activos.

2. La evaluación integral del ciclo de vida de los activos identifica prácticas actuales, brechas y oportunidades de mejora.

La encuesta destaca también la información del estado actual de los requerimientos 5.1 (Liderazgo) y 8.1 (Planificación y control operacional) de la Norma ISO 55001, en complemento con la norma UNE-EN 60300-3-3, la metodología TPM y la evaluación de indicadores de desempeño en las normas UNE-EN 15341.

Este levantamiento identifica el grado de cumplimiento y madurez de la organización respecto a los estándares internacionales, además proporciona una línea base sobre la cual se diseñan los planes de acción.

Fase 4: Elaboración y presentación de planes de acción

La última fase formula planes de acción y fortalece los pilares de Liderazgo y Ciclo de Vida del Activo en concordancia con los requisitos de la Norma ISO 55001. Estos planes incluyen:

- a. Recomendaciones de implementación, que especifican los pasos prácticos para cerrar las brechas detectadas.
- b. Herramientas o recursos necesarios, tales como capacitaciones, metodologías de trabajo, software de apoyo o guías técnicas.
- c. Indicadores clave de desempeño (KPIs) aplicables, con selección a partir de las mejores prácticas propuestas por el SMRP, miden el grado de avance y efectividad de las acciones.
- d. Definición de responsables, con la asignación de roles y funciones claras que garantiza la ejecución y sostenibilidad de las estrategias diseñadas.

La presentación de los planes de acción se realiza ante los actores clave de la organización en un espacio de retroalimentación que valida la viabilidad de las propuestas y asegura su alineación con los objetivos estratégicos corporativos.

Desarrollo

Objetivo 1 – Conocimiento

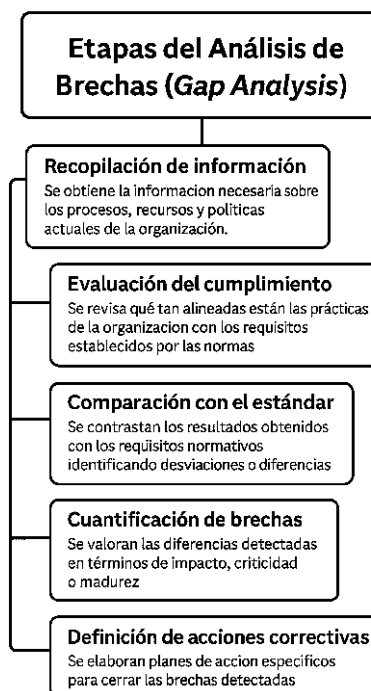
Identificar los elementos más relevantes resultados del proceso de diagnóstico de Gestión de Activos alineados a la Norma ISO 55001, que se aplica al área de Mantenimiento en la Planta de Procesos de una empresa minera como parte de un proceso de reestructuración de gerencias.

Metodología de Análisis de Brechas (Gap Analysis)

Es una herramienta sistemática que compara el estado actual de la gestión de activos con los requisitos que establecen normas internacionales como la ISO 55001. Diferencia entre las prácticas presentes y las mejores prácticas a futuro, para establecer así prioridades de mejora. La implementación implica cinco etapas fundamentales se muestra en la Figura 3. (Shamsuzzaman, 2018).

Figura 3.

Cinco etapas fundamentales del análisis de brechas (Gap Analysis)



Nota: Mapa conceptual con las cinco etapas del análisis de brechas que permite comparar el estado actual de una organización con los requisitos de las normas ISO 55000 (Shamsuzzaman, 2018).

Este proceso iterativo promueve el aprendizaje organizacional y permite que las instituciones comprendan sus debilidades estructurales y ajusten sus sistemas de gestión conforme a los lineamientos de la ISO 55001. Esto fortalece su madurez operativa y su alineación con los objetivos corporativos.

El análisis de brechas, dentro del contexto de la gestión de activos, establece un diagnóstico con una clara estructuración que usa evaluación que cruza entre políticas, procedimientos y prácticas existentes frente a los requisitos normativos. Es un enfoque cuantitativo que evidencia objetivamente el grado de madurez de la organización y facilita la priorización de acciones correctivas y planificación estratégica (Sholtis, 2020).

En el ámbito minero, la aplicación de análisis de brechas adapta metodologías de gestión de activos con particularidades del sector extractivo. El uso de PAS 55 e ISO 55001 extiende hacia la gestión de activos minerales y evalúa la distancia existente entre los procesos operativos actuales y los requerimientos normativos (Tholana, 2016).

La metodología identifica áreas críticas en relación con la confiabilidad, la disponibilidad y la integridad de los equipos y evidencia la utilidad del *Gap Analysis* para orientar la toma de decisiones estratégicas hacia una gestión sostenible y efectiva de los activos físicos. Asimismo, es la base metodológica para el desarrollo de planes de mejora continua.

Al integrar herramientas cuantitativas y cualitativas, el *Gap Analysis* facilita la toma de decisiones con información, garantiza que las estrategias de mantenimiento y confiabilidad estén alineadas con los principios internacionales de excelencia operacional. Así como combinar los estándares PAS 55 e ISO 55000 que aportan un marco robusto para mejorar la gestión de activos en diversos sectores industriales (Shamsuzzaman, 2018).

La consultora externa especializada en procesos de diagnóstico aplica la metodología de análisis de brechas *Gap Analysis* para medir el nivel de madurez del área de mantenimiento de la empresa minera ecuatoriana sobre las metodologías aplicadas en la gestión de activos con base en los lineamientos de la norma ISO 55001.

Uso de PAS 55 e ISO 55000 como herramienta de diagnóstico

La herramienta AMORMS (*Asset Management, Operational Reliability and Maintenance Survey*) que usa el modelo de gestión de mantenimiento utiliza un diagnóstico que su estructura se basa en cuestionarios, análisis de criticidad y evaluación de desempeño del mantenimiento para alinear los resultados con los requisitos de la ISO 55001 para detectar brechas en confiabilidad, mantenimiento preventivo, recursos y gobierno de activos (Pizarro, 2024).

La combinación de PAS 55 e ISO 55000 propone una hoja de ruta que inicia con un diagnóstico de tipo *Gap Analysis* frente a los requisitos de la ISO 55001, usa listas de verificación para evaluar cumplimiento y detectar brechas. También integra criterios del PAS 55:2008 como responsabilidades, alineamientos estratégicos y ciclo de vida del activo (Carvajal Moncada, 2022).

Se prioriza las acciones de mejora por nivel de impacto y factibilidad, con planificación de fases para alcanzar conformidad progresiva y elevar la madurez del sistema de gestión de activos.

Con la integración de PAS 55 e ISO 55000 resulta en herramientas como matrices de madurez, modelos de evaluación tipo “PAM” (*PAS Assessment Methodology*) y SAM, listas de verificación bajo cláusulas normativas, y métodos de puntuación para cuantificar brechas. La recomendación de realizar diagnósticos iniciales con PAS 55 y luego transitar hacia un sistema completo de la ISO 55000 beneficia en el proceso de evaluación de brechas, planificación de mejoras y seguimiento (Claudio Guidi, 2020).

Metodología de trabajo para la evaluación de la empresa minera

Metodología de valoración de la gestión de activos de la consultora externa

La Figura 4 define el modelo que utiliza la consultora externa para realizar el proceso de evaluación de gestión de activos en la empresa minera ecuatoriana. Compuesta por veinte elementos que cubren las actividades más críticas y relevantes de la gestión del mantenimiento.

Figura 4.

Categorías del Proceso de Evaluación



Nota: Listado sistemático de categorías de evaluación que utiliza la empresa consultora externa, el cual está subdividido en 20 elementos específicos que permiten analizar, de manera integral, el grado de cumplimiento de los requisitos establecidos por la Norma ISO 55001 (Ausenco, 2024).

Al disgregar todos los procesos y actividades de gestión de activos en una serie de elementos, reduce el grado de subjetividad que presenta generalmente un proceso de evaluación (Pitana, 2022).

Establecer los elementos necesarios para vincular el desempeño técnico con la sostenibilidad y la confiabilidad del sistema, hace que los procesos de diagnóstico se estructuren conforme a la norma ISO 55001 donde cada elemento recibe un puntaje bajo evidencias cuantitativas (Aranoglu, 2024).

El modelo incorpora un marco de gestión de mantenimiento en relación con la serie ISO 55000 y sustenta métricas para medir la madurez, efectividad y coherencia del sistema de gestión de activos. Además, define indicadores como cumplimiento del plan de mantenimiento, confiabilidad del equipo, efectividad del uso de recursos, disponibilidad, costos de mantenimiento y desempeño global de los equipos. Para asignar un nivel de madurez, los elementos tienen una ponderación como entrada para el proceso de diagnóstico (da Silva, 2022).

De este modo, el modelo califica el grado de cumplimiento normativo y promueve una cultura organizacional de aprendizaje y transparencia técnica, donde los resultados son parte del proceso de diagnóstico y los planes de acción utilizan esto como insumo para su desarrollo.

En contextos industriales complejos, como lo es el sector minero, aplicar esta metodología garantiza medir debidamente el desempeño del mantenimiento y asegura la alineación entre la gestión operativa y los objetivos estratégicos del sistema de gestión de activos conforme a la ISO 55001 (Campos-López et al., 2019).

Este modelo de evaluación es una herramienta debidamente estructurada para determinar la evolución de la organización en la adopción de prácticas integrales, sostenibles y que alineen con los estándares internacionales como la ISO 55001.

La propuesta conceptual que dirige el proceso de evaluación en la empresa minera, articula tres dominios independientes:

- Responsabilidad de la dirección
- Procesos
- Sistemas/recursos y soporte

La responsabilidad de la dirección mide el grado en que la alta dirección instaure el liderazgo, compromiso, planificación y las competencias personales con el objetivo de alinear con la gestión de activos (Chemweno, 2015).

El mantenimiento inteligente, que corresponde al liderazgo y la responsabilidad de la dirección, son dimensiones esenciales que alcanzan niveles superiores de desempeño. Para alcanzar la madurez organizacional se relaciona la adopción de tecnología y el compromiso estratégico de la alta dirección, con la capacidad de establecer políticas de mantenimiento y fomentan una cultura de innovación (Johannes, 2021).

La categoría de procesos orienta el desarrollo de la evolución de los procesos de mantenimiento a través de tres dominios: activos, estado y mantenimiento. Por lo que identifica el grado de avance de cada proceso, desde el mantenimiento preventivo hasta el prescriptivo, y usa métricas como disponibilidad, confiabilidad, costos de mantenimiento y calidad de la información operativa (Errandonea, 2022).

La presente propuesta de evaluación considera los sistemas de soporte, los recursos tecnológicos y la infraestructura de los datos como pilares fundamentales para la gestión efectiva de los activos. A través de indicadores como la digitalización de las órdenes de trabajo, la trazabilidad de la información técnica mide la capacidad organizacional para gestionar conocimiento técnico (Tortora, 2022).

Niveles de madurez de la gestión de activos

Asimismo, la empresa consultora externa propone que el resultado de la evaluación se agrupe en niveles de Madurez que a su vez define la implementación y conformidad con las prácticas de acuerdo con la evaluación en base al criterio experto y evidencias arrojadas durante el proceso como demuestra la Figura 5.

Figura 5.

Escala de Madurez Organizacional



Nota: Según la escala utilizada en el proceso de diagnóstico, el consultor externo asigna un nivel de madurez organizacional que representa el grado de implementación y cumplimiento de las prácticas de Gestión de Activos dentro de la empresa. Este nivel refleja cómo la organización incorpora los principios y requisitos del sistema en sus procesos operativos y estratégicos (Ausenco, 2024)

En concreto, la escala de madurez busca determinar en qué punto está la organización en camino hacia la excelencia operacional y la mejora continua, a través de una estructura de cinco niveles progresivos: inocencia, conciencia, entendimiento, competencia y excelencia.

En el nivel de inocencia, la organización no reconoce la necesidad de establecer prácticas estructuras de gestión de activos o mantenimiento. Refleja baja madurez organizacional.

El nivel de conciencia, la organización identifica las deficiencias de sus prácticas actuales y comienza a evidenciar compromisos iniciales para mejorar, pero carece de procesos con estándares (Chemweno, 2015).

El nivel de entendimiento cuenta con el desarrollo de planes de acción para la implementación de mejores prácticas. Existe evidencia de progreso, asignación de recursos y seguimiento parcial de resultados. La organización aplica herramientas como análisis de criticidad, FMECA y mantenimiento centrado en confiabilidad y evidencia transición hacia la sistematización de procesos (Errandonea, 2022).

El nivel de competencia refleja que la organización implementa completamente todos los elementos que relacionan la gestión de activos y logra resultados tangibles y conscientes. La gestión de mantenimiento integra actividades con otras áreas estratégicas y monitorea indicadores de desempeño como la disponibilidad, confiabilidad y costo del ciclo de vida (Amadi-Echendu, 2010).

El nivel de excelencia es la madurez organizacional plena, donde la gestión de activos integra en la cultura corporativa con los procesos que desarrollan enfoque de sostenibilidad, innovación y mejora continua. Se basa en datos confiables y la tecnología apoya al mantenimiento predictivo y sistemas de información (Tortora, 2022).

Producto resultante

Los resultados de Tabla 1 como parte del proceso de diagnóstico ubica a la empresa minera en el nivel de madurez de entendimiento con 2.4/5, refleja entendimiento inicial y creciente sobre la importancia de los activos productivos como habilitadores del logro de las metas operativas y estratégicas de la organización.

Tabla 1.

Resultados del proceso de diagnóstico

Categoría	N°	Elementos	Empresa Minera
Estratégico: Responsabilidad de la Dirección	1	Liderazgo y Compromiso	2.0/5
	2	Planificación Estratégica de Gestión de Activos	2.3/5
	3	Organización y Desarrollo del Personal	2.4/5
	4	Ciclo de Vida del Activo	1.8/5
	5	Gestión Financiera y Presupuestaria	2.5/5
	6	Gestión de Desempeño	2.5/5
Táctico: Procesos	7	Gestión de Planes de Mantenimiento	2.1/5
	8	Gestión del Trabajo de Mantenimiento	2.5/5
	9	Gestión de Paradas Mayores	2.6/5
	10	Gestión de Confiabilidad y Eliminación de Defectos	2.2/5
	11	Mantenimiento Basado en Condición	2.8/5
	12	Integración con Operaciones	2.7/5
	13	Integración con Abastecimiento	2.9/5
	14	Gestión de Empresas Contratistas	2.6/5
Operativo: Recursos, herramientas y sistemas	15	Mano de Obra, Herramientas e Instalaciones	2.1/5
	16	Seguridad y Salud Ocupacional	3.0/5
	17	Medio Ambiente	2.3/5
	18	Sistemas de Gestión de Mantenimiento	3.0/5
	19	Sistema de Gestión Documental	1.9/5
	20	Procedimientos e Instructivos de Trabajo	2.4/5
Evaluación Final			2.4/5

Nota: Calificaciones por cada categoría del proceso de diagnóstico. Además, el puntaje de la evaluación final que corresponde al promedio general de todos los elementos evaluatorios que brinda una visión global del nivel de madurez de la gestión de activos. (Ausenco, 2024).

A partir de la Tabla 1, surge la Tabla 2 que identifica los elementos con menor calificación del proceso de diagnóstico para al área de Mantenimiento de la empresa minera.

Identificarlos resulta esencial ya que brinda una visión clara de las brechas existentes en las prácticas actuales de gestión de activos.

Tabla 2.

Elementos con menor calificación del proceso de diagnóstico

Categoría	N°	Elemento	Empresa Minera
Estratégico: Responsabilidad de la Dirección	1	Liderazgo y Compromiso	2.0/5
	4	Ciclo de Vida del Activo	1.8/5
Táctico: Procesos	7	Gestión de Planes de Mantenimiento	2.1/5
Operativo: Recursos, herramientas y sistemas	15	Mano de Obra, Herramientas e Instalaciones	2.1/5
	19	Sistema de Gestión Documental	1.9/5

Nota: Elementos con menor calificación, en agrupación según sus categorías correspondientes, como resultado del proceso de diagnóstico de la empresa minera. Este análisis reconoce las áreas que requieren mayor atención y fortalecimiento dentro del sistema de gestión de activos. Elaboración propia².

El ciclo de vida del activo (1.8/5) presenta la calificación más baja del diagnóstico y revela una debilidad estructural en la integración de las fases de diseño, adquisición, operación, mantenimiento y disposición final de los activos. Esta situación sugiere que las decisiones de la gestión de activos no están en plena relación con el análisis de costo de ciclo de vida (LCC) ni por metodologías de gestión del riesgo.

Asimismo, el sistema de gestión documental (1.9/5) evidencia limitaciones en la estandarización, actualización y trazabilidad de la información técnica. La carencia de procedimientos formales y sistemas digitales afectan a la consistencia del registro histórico de los activos y la efectividad en la toma de decisiones.

Con respecto al elemento de liderazgo y compromiso (2.0/5) evidencia que la alta dirección reconoce la importancia de la gestión de activos y señala avance, pero no existe un

² En adelante todas las figuras que no tenga cita se entiende de autoría del propio autor.

liderazgo consistente que integre políticas, objetivos, recursos y rendición de cuentas en toda la empresa.

El elemento de gestión de planes de mantenimiento (2.1/5) muestra que la organización cuenta con planes básicos, pero carece de una programación completamente alineada con criticidad, confiabilidad y análisis de desempeño.

El elemento de mano de obra, herramientas e instalaciones (2.1/5) refleja una etapa inicial de desarrollo en la gestión de recursos físicos y humanos, con brechas en competencias técnicas, disponibilidad de herramientas especializadas y adecuación de instalaciones.

Por lo que la Tabla 1 es un entregable técnico confidencial de la organización que refleja estado actual de madurez de su sistema de gestión de activos bajo el marco de la ISO 55001.

Por su naturaleza interna, esta información maneja criterios de confiabilidad y responsabilidad profesional que garantiza el uso ético de los datos.

A partir de este diagnóstico y en conversación con la directiva de Mantenimiento, los elementos a priorizar son liderazgo y compromiso, y ciclo de vida del activo como focos de mejora, con el propósito de desarrollar planes de acción que fortalezcan su desempeño.

Tras la obtención de los resultados del proceso de diagnóstico de Gestión de Activos, la organización emite la directriz de levantar y atender todos los hallazgos de los elementos de la Tabla 1.

Esta instrucción contempla no solo los elementos con menor calificación, sino el conjunto completo de los ítems, con el objetivo de promover un fortalecimiento integral del sistema de gestión y asegurar la sostenibilidad de las mejoras en el tiempo.

La intención de esta directriz es orientar a las áreas hacia la identificación de acciones correctivas y preventivas que permitan cerrar brechas, estandarizar prácticas y consolidar una cultura de gestión coherente con los principios establecidos por la ISO 55001.

Para abordar los elementos de baja ponderación se aplica metodologías complementarias para diagnosticar causas raíz, alinear procesos y fortalecer la cultura organizacional desde una perspectiva estratégica, técnica y humana.

Para abordar el elemento de Liderazgo y Compromiso están los modelos de gobernanza de activos, el método de despliegue de políticas (Hoshin Kanri) y el liderazgo transformacional en mantenimiento, con el fin de fortalecer la alineación estratégica, la toma de decisiones con base en valor y la cultura de compromiso organizacional.

De igual manera, para el elemento de Ciclo de Vida del Activo aplica el análisis del costo del ciclo de vida (LCC), el análisis de criticidad y riesgo, y la metodología de futurista con respecto al pilar de planeación

Todo este conjunto de metodologías son la base que generan los planes de acción específicos que elevan la calificación de ambos elementos y contribuye al cierre de brechas y al cumplimiento del objetivo dos del trabajo de profundización. Además, enfoca la mejora de la madurez organizacional en gestión de activos.

Conclusiones del objetivo 1

El proceso de diagnóstico de madurez en gestión de activos, alineado con la norma ISO 55001, identifica los elementos de baja calificación y los más relevantes para la Planta de Procesos son Liderazgo y Compromiso y Ciclo de Vida del Activo. Estos resultados reflejan la necesidad de fortalecer la articulación entre la estrategia corporativa, la gestión operativa y la toma de decisiones, especialmente en el contexto de reestructuración gerencial que atraviesa la empresa minera.

El resultado del proceso de diagnóstico demuestra que el nivel de madurez actual es entendimiento, implica que la organización reconoce la importancia de la gestión de activos, pero aún requiere establecer procesos más sistemáticos, auditables y sostenibles. Este nivel intermedio brinda una oportunidad estratégica para consolidar una nueva cultura organizacional

de mantenimiento, orientada a la confiabilidad, el liderazgo técnico y la efectividad en el uso de los recursos.

La criticidad y relevancia de los elementos confirma la necesidad de un liderazgo directivo más participativo, capaz de integrar la gestión de mantenimiento dentro de la visión global de la empresa. Fortalecer el liderazgo y el compromiso de la alta dirección permite mejorar la toma de decisiones estratégicas y consolida un entorno de trabajo colaborativo que impulsa la mejora continua y la responsabilidad compartida en todos los niveles jerárquicos.

El elemento de ciclo de vida del activo evidencia una limitada integración de las fases de diseño, operación, mantenimiento y disposición final de los activos, lo que repercute directamente en la sostenibilidad técnica y financiera de la organización.

Objetivo 2 – Comprensión

Expresar metodologías y beneficios del desarrollo de los requerimientos de Liderazgos y Compromiso, Planificación y Control Operativo incluida la gestión de activos, de la Norma ISO 55001 en la Planta de Procesos de una empresa minera.

A partir de la información de la Tabla 2. los elementos de Liderazgo y Compromiso y Ciclo de Vida del Activo, pertenecientes a la categoría Estratégico – Responsabilidad de la Dirección, destacan como elementos relevantes y críticos dentro del diagnóstico de gestión de activos.

Estos pilares son áreas con oportunidades significativas de mejora y, por tanto, constituyen el eje central sobre el cual se desarrolla el presente trabajo de profundización.

La elección de estos elementos responde a la necesidad de fortalecer la participación activa de la dirección en la toma de decisiones sobre los activos y en la consolidación de una cultura organizacional orientada a la excelencia operativa.

Metodologías para el desarrollo de Liderazgo y Compromiso

Para el fortalecimiento de este pilar existen metodologías que aseguran una participación activa y visible de la alta dirección en la gestión de activos y que orienta a la cultura organizacional hacia la toma de decisiones basada en valor (Capela, 2020).

Entre las metodologías más utilizadas:

Modelo de gobernanza de activos

Es un marco útil para la gestión de activos ya que aborda funciones “meta-sistémicas” como es la vigilancia, comunicación, adaptación, estructura de decisiones y evolución para operar sobre el sistema de activos. Las variables de este modelo incluyen el desempeño del sistema, riesgos, costos y capacidades ante la incertidumbre (Katina, 2021).

Aplicar este marco como conceptos de gobernanza fortalecen la capacidad de una organización para equilibrar costos, riesgos y el desempeño en escenarios industriales e implica la implementación práctica de políticas de gestión de activo.

Asimismo, parte de las variables incluyen estructura organizativa, definición de roles y responsabilidades, mecanismos de coordinación interdepartamental, comunicación, y escalamiento del programa de gestión de activos. En aplicaciones en *utilities* y sectores públicos, muestran que un modelo de gobernanza favorece la integración de la cultura de activos en la organización y la sostenibilidad del programa en el tiempo (Roopchan L., 2019).

Con la aplicación del modelo de gobernanza de activos existe una mayor coherencia estratégica y capacidad de equilibrar costo, riesgo y desempeño en contextos de alta incertidumbre (Keating, 2021).

Este modelo también evidencia de que sistemas formales de gobernanza del desempeño se asocian a mejores resultados operativos (Ermini, 2024).

Aplicación práctica en la empresa minera

En el contexto de la empresa minera, el modelo de gobernanza de activos podría materializarse mediante la creación de un Comité de Gestión de Activos integrado por representantes de Gerencia de Planta, Mantenimiento, Operaciones, Abastecimiento y Finanzas.

Este comité establecería una estructura formal de decisiones sobre el ciclo de vida de los equipos críticos, definiendo roles y responsabilidades mediante matrices RACI, así como mecanismos de escalamiento y priorización de inversiones en renovación, mejoras y mantenimiento mayor.

Además, se consolidaría tableros de control que integren indicadores de desempeño, costos y riesgos por línea de proceso, revisados periódicamente para ajustar estrategias y planes de mantenimiento.

De este modo, la gobernanza de activos se traduciría en una práctica concreta que alinea decisiones técnicas y económicas con la estrategia corporativa, fortaleciendo la coherencia entre costo, riesgo y desempeño en la planta de procesos.

Método de despliegue de políticas (Hoshin Kanri)

Este método busca alinear los objetivos estratégicos de la alta dirección con las metas tácticas y operativas de la organización. Principalmente garantiza que todas las actividades, procesos y recursos estén en consecución con una visión común y que integre el pensamiento estratégico con la ejecución diaria (Pavlíčková, 2022).

Las variables centrales son:

- Alineación vertical y horizontal, que mide el grado de coherencia entre los objetivos corporativos, departamentales y operativos.
- Comunicación y participación (*Catchball*), es el proceso bidireccional de retroalimentación que permite a los distintos niveles jerárquicos negociar metas y recursos antes de su despliegue.
- Ciclo PHVA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar), es un mecanismo de control y ajuste continuo de las metas.
- Integración con sistemas de gestión existentes, como ISO 9001 o ISO 55001, que permite vincular la planificación estratégica con los sistemas de mantenimiento y calidad.
- Estructura de objetivos medibles, representada a través de la herramienta X-Matrix, que conecta metas a largo plazo, iniciativas anuales, responsables y métricas de evaluación.

Las organizaciones que adoptan el método Hoshin Kanri incrementan la coherencia estratégica y reducen la fragmentación entre las decisiones de la dirección y la ejecución operativa.

Así también, mejoran claridad en la comunicación interna y la comprensión de los objetivos estratégicos por parte de los equipos operativos, incrementan de la efectividad interdepartamental, al reducir duplicidades y conflictos de prioridades, desarrollan una cultura de participación y compromiso, donde los colaboradores se sienten parte del proceso de

planificación y mejoran la capacidad de seguimiento y evaluación del desempeño al establecer indicadores claros y revisiones periódicas (Pavličková, 2022).

En este sentido, el método de despliegue de políticas actúa como un puente entre la estrategia de la dirección y la ejecución técnica, asegurando coherencia, trazabilidad y compromiso en todos los niveles organizacionales.

Aplicación práctica en la empresa minera

En la empresa minera, el método de despliegue de políticas podría aplicarse definiendo, desde la alta dirección, un objetivo estratégico claro. Este objetivo se despliega hacia Mantenimiento, Operaciones y Abastecimiento mediante una matriz estratégica, donde se especifican metas por área.

Cada meta se asigna a responsables concretos (gerentes, jefes de área, supervisores) con indicadores y plazos definidos, y se revisa mensualmente en reuniones de seguimiento. De esta forma, Hoshin Kanri conecta de manera práctica la estrategia corporativa con acciones diarias en la planta, alineando liderazgo, recursos y resultados en torno a la gestión del ciclo de vida del activo.

Metodologías para el desarrollo de Planificación y Control Operativo incluida la gestión de activos

Para el desarrollo de este pilar, la evidencia recomienda combinar metodologías que aseguren alineación estratégica, control operativo y decisiones basadas en valor y en riesgo a lo largo del ciclo de vida del activo con un enfoque preventivo, sistémico y sostenible (Lima, 2019).

Metodología de análisis del costo de ciclo del activo

Integrar la confiabilidad del sistema con el análisis del costo de ciclo de vida significa un aporte valioso para la gestión de activos ya que intervienen variables con clara definición con el propósito de reducir fallas no programadas, optimizar intervalos de mantenimiento y crear una

correlación directa entre la fiabilidad residual del activo y el costo incremental de mantenimiento (Shang, 2020).

Para Shang, las principales variables son:

- Costos de instalación y construcción inicial (CAPEX), que representan la inversión de adquisición del activo.
- Costos de mantenimiento, inspección y reparación (OPEX), en función de la frecuencia y gravedad de fallas.
- Parámetros de confiabilidad como la tasa de fallas (λ), el tiempo medio entre fallas (MTBF) y el tiempo medio de reparación (MTTR).
- Función de degradación del activo, con modelación mediante distribuciones de Weibull para estimar la probabilidad de falla en cada intervalo de tiempo.
- Costo de indisponibilidad o penalización operacional, que cuantifica el impacto económico del tiempo fuera de servicio.

Los resultados son que las políticas de mantenimiento basadas en confiabilidad (*Reliability-Based Maintenance, RBM*) reducen significativamente el costo total del ciclo de vida, especialmente cuando las inspecciones se programan en función de los índices de degradación medidos y no de calendarios fijos.

Aplicación práctica en la empresa minera

En la planta de procesos de la empresa minera, el análisis del costo de ciclo de vida podría aplicarse seleccionando primero los equipos críticos y levantando sus costos de inversión, operación, mantenimiento, fallas e indisponibilidad.

Con esta información, el área de Confiabilidad modelaría la degradación de los activos mediante parámetros como MTBF, MTTR y distribuciones de Weibull, comparando diferentes estrategias de mantenimiento (correctivo, preventivo, basado en condición, reemplazo anticipado) en términos de costo total del ciclo de vida y riesgo de falla.

Los resultados se presentarían a la gerencia de Planta y de Mantenimiento como insumos para decidir, con evidencia cuantitativa, si conviene prolongar la vida del equipo, reforzar su mantenimiento o planificar su reemplazo, fortaleciendo la toma de decisiones de ciclo de vida bajo el marco de la ISO 55001.

Planificación y control operativo basado en riesgo

Es una metodología holística que incorpora modelado probabilístico y cuantifica riesgos para apoyar la toma de decisiones en inversión, mantenimiento y optimización en minería. Este enfoque decide qué invertir y cómo priorizar recursos entre múltiples alternativas según su nivel de riesgo y retorno. Las variables que aplica son: indicadores de desempeño, factores dominantes en la operación minera, modelos probabilísticos para cuantificar incertidumbre y priorizar opciones de inversión. (Komljenovic, 2008).

Es por ello por lo que con la planificación basada en riesgos calcula los impactos de incertidumbres claves dentro de cualquier estrategia. Este enfoque permite estimar un valor sino rangos, probabilidades de escenarios adversos, mediana, percentiles, lo cual permite decisiones con información bajo riesgo.

En el artículo de (Markovic, 2025) se analiza una metodología híbrida para la planificación estratégica de minería a cielo abierto que integra enfoques deterministas y estocásticos bajo el marco de gestión de riesgos de la ISO 31000:2018.

A partir de un modelo de bloques económicos y de la simulación Monte Carlo, los autores cuantifican la incertidumbre de parámetros geológicos, de mercado, costos y recuperación, y evalúan el impacto sobre indicadores financieros como el VAN, la TIR y el periodo de recuperación.

Esta aproximación pasa de una visión estática del proyecto a una lectura probabilística de los resultados, más coherente con la complejidad técnica y económica del sector minero.

La metodología incorpora etapas explícitas de establecimiento de contexto, identificación, análisis, evaluación y tratamiento del riesgo, alineadas con ISO 31000.

La evaluación financiera emplea medidas sofisticadas como el Valor en Riesgo (VaR) y el Valor en Riesgo Condicional (CVaR), que estiman la probabilidad de obtener un VAN negativo y la magnitud de las pérdidas en los peores escenarios.

De esta forma, el modelo define umbrales de aceptabilidad del riesgo (por ejemplo, mantener VAN < 0 por debajo del 10 %) y vincula dichos umbrales con decisiones estratégicas sobre diseño de la mina, límites de explotación y priorización de acciones de mitigación.

Aunque el caso de estudio habla de una mina de cobre a cielo abierto, la propuesta resulta transferible a la gestión de activos en la Planta de Procesos de una empresa minera, en particular para los requerimientos de Liderazgo y Compromiso, así como de Planificación y Control Operativo de la ISO 55001.

La adopción de metodologías de planificación basadas en riesgo, que se soportan en simulación estocástica y criterios explícitos de tolerancia al riesgo, fortalece el rol de la alta dirección en la toma de decisiones con información, mejora la transparencia en la asignación de recursos y justifica técnicamente las estrategias de mantenimiento, inversión y mejora continua sobre los activos críticos, aportando beneficios directos en confiabilidad, desempeño económico y sostenibilidad del negocio.

Aplicación práctica en la empresa minera

En la empresa minera, la planificación y control operativo basado en riesgo podría implementarse construyendo una matriz que combine criticidad de activos, probabilidad de falla y consecuencias en seguridad, ambiente, producción y costos.

A partir de esta matriz, el equipo de Mantenimiento y Confiabilidad priorizaría los recursos (presupuesto, personal, ventanas de intervención) hacia los activos y modos de falla de mayor riesgo, utilizando modelos probabilísticos o simulaciones para estimar escenarios de indisponibilidad y su impacto económico.

Las decisiones sobre qué OT ejecutar primero, qué proyectos de mejora aprobar o qué mantenimientos mayores adelantar se sustentarían en estos análisis de riesgo, revisados

periódicamente en comités con la alta dirección. De esta forma, la planificación deja de ser solo una lista de trabajos y se convierte en un proceso estructurado de gestión de riesgo alineado con ISO 31000 e ISO 55001.

Planificación bajo el método futurista o por escenarios

La planificación por escenarios es una herramienta para incorporar incertidumbre en los parámetros de planificación a largo plazo. Con el objetivo de reconocer las diferentes opciones de toma de decisión con base en un desempeño en varios futuros posibles (Smith et al., 2008).

El artículo de (Thomas Vogt, 2025) plantea que la transición energética y el aumento de la demanda de minerales “verdes” generan oportunidades de valor sin precedentes para la industria minera, pero en un contexto de fuerte volatilidad en precios, regulaciones, plazos de desarrollo y riesgos geopolíticos.

Ante este entorno incierto, los autores sostienen que los modelos tradicionales de planificación estratégica resultan insuficientes y deben reemplazarse por enfoques que integren explícitamente la incertidumbre y múltiples futuros posibles.

Como metodología central, el artículo propone la planificación por escenarios para construir estrategias resilientes. Este enfoque implica identificar las incertidumbres materiales del negocio (precios, regulaciones, clima, tecnología), generar resultados potenciales, agruparlos en cuatro o cinco escenarios posibles y evaluar bajo cada uno las decisiones estratégicas relevantes, busca movimientos “sin arrepentimiento” que funcionen en la mayoría de escenarios y preserven flexibilidad para capturar oportunidades futuras.

De este modo, la planificación deja de ser un ejercicio determinista para convertirse en una herramienta de gestión del riesgo y de creación de valor de largo plazo.

La planificación por escenarios aporta una metodología de alto valor para los requerimientos de Liderazgo y Compromiso, y Ciclo de Vida del Activo en la Planta de Procesos. Por un lado, refuerza el liderazgo al demandar una visión compartida de riesgos, tolerancias y prioridades estratégicas; por otro, orienta la gestión de activos y las decisiones

sobre ciclo de vida (inversiones, reemplazos, mantenimientos mayores) a partir de escenarios de mercado y operación contrastados, mejora la asignación de recursos, la resiliencia de los activos críticos y la coherencia entre estrategia, operación y mejora continua.

Aplicación práctica en la empresa minera

En la planta de procesos, la planificación por escenarios puede aplicarse reuniendo a representantes de Operaciones, Mantenimiento, Abastecimiento y Finanzas para identificar las principales incertidumbres que afectan la gestión de activos: variaciones de demanda, precios de insumos, restricciones regulatorias, cambios tecnológicos o variaciones en la calidad del mineral.

A partir de estas incertidumbres se construirían tres o cuatro escenarios y, bajo cada uno, se evaluarían decisiones clave de ciclo de vida: postergar o adelantar reemplazos, invertir en nuevas tecnologías de monitoreo, modificar estrategias de mantenimiento mayor, etc.

El liderazgo definiría así un conjunto de acciones pertinentes que sean robustas frente a varios futuros posibles, utilizando los escenarios como herramienta para alinear la gestión de activos con la estrategia de largo plazo y aumentar la resiliencia de la planta.

Beneficios del pilar de liderazgo y compromiso

En el ámbito industrial, el desarrollo e implementación del pilar de liderazgo y compromiso traduce beneficios tangibles e intangibles. Por un lado, fortalece la coherencia organizacional y promueve una visión simultánea sobre la importancia de los activos como habilitadores del desempeño operacional (Woodhouse, 2018).

El pilar de liderazgo y compromiso define la importancia de integrar la gestión de activos en la estrategia organizacional. Este enfoque permite que la alta dirección comunique una visión clara, fomente la participación activa del personal y establezca metas medibles que vinculan los objetivos corporativos con los de mantenimiento y confiabilidad.

Este liderazgo impulsa la asignación efectiva de recursos y la consolidación de una cultura organizacional basada en la mejora continua. El liderazgo efectivo dentro de los

sistemas de gestión de activos fortalece la alineación estratégica y la sostenibilidad operativa en las industrias de procesos (Osorio Maita, 2019).

Así también asegura que la gestión de activos sea un proceso integral y sostenible. Actualmente, las organizaciones requieren equipos directivos capaces de guiar, motivar y evaluar la ejecución técnica de los planes de gestión.

La participación activa de la alta dirección garantiza la disponibilidad de los activos y el cumplimiento de los objetivos estratégicos. También promueve la confianza y la colaboración transversal, factores indispensables para mantener el desempeño de los activos a lo largo de su ciclo de vida.

Por lo tanto, el desarrollo de este pilar no solo es un requisito normativo, sino que fomenta una estrategia de transformación organizacional, que orienta a consolidar la excelencia operacional y el valor sostenible de los activos.

La gestión efectiva de activos requiere líderes con visión sistémica, compromiso ético y capacidad para inspirar a sus equipos hacia la mejora continua y creación de valor a largo plazo

Beneficios del pilar planificación y control operativo incluida la gestión de activos

El Ciclo de Vida del Activo proporciona una visión integral que gestiona los activos desde su concepción hasta su retiro, optimizando costos, riesgos y desempeño. En la actualidad, este pilar impulsa políticas alineadas con la producción y la sostenibilidad empresarial.

Gestionar los activos bajo una perspectiva de ciclo de vida mejora la mantenibilidad y prolonga su vida útil mediante decisiones informadas. En sectores como el minero o cementero, este enfoque ayuda a anticipar obsolescencias, equilibrar inversiones y aumentar la confiabilidad de los equipos críticos (Baquero Mite & Mera Chinga, 2020).

La planificación establece un vínculo directo entre la estrategia corporativa y las operaciones diarias y asegura que cada tarea contribuya a los resultados. Este pilar fomenta la

efectividad en el uso de recursos, mejora la disponibilidad de los equipos y minimiza las pérdidas por tiempos improductivos.

La planificación con una estructuración correctamente definida, optimiza los indicadores de desempeño operacional y mejora la confiabilidad mediante una programación adaptada al riesgo y a las condiciones del activo (Benítez Valenzuela, 2018).

La necesidad surge de mejorar la coherencia entre la estrategia corporativa y las actividades de mantenimiento, y que asegure una gestión efectiva y sostenible.

Aplicar el enfoque de ciclo de vida permite reducir la variabilidad operativa y fortalecer la resiliencia técnica. En este contexto, el monitoreo continuo de los activos y las decisiones con base en criterios financieros y tecnológicos mantienen la competitividad. De este modo, el ciclo de vida del activo no solo optimiza recursos, sino que asegura la continuidad operativa y la sostenibilidad a largo plazo (Amadi-Echendu, 2010).

Conclusiones del objetivo 2

El liderazgo y el compromiso se reconocen en la literatura como la base cultural que sostiene la gestión de activos. En el caso de una planta de procesos minera, un liderazgo efectivo podría impulsar una cultura organizacional orientada al desempeño, la seguridad y la sostenibilidad, en la medida en que la alta dirección integre explícitamente la gestión de activos dentro de su estrategia. De lograrse esta integración, se favorecería una mayor coherencia entre la visión corporativa y la ejecución técnica en el área de mantenimiento.

La planificación y el control operativo se consideran elementos clave para mejorar la efectividad y la confiabilidad operacional. En el contexto de la industria minera, estos componentes podrían contribuir a transformar la estrategia en acción concreta y a que las operaciones funcionen de manera más sincronizada con los objetivos estratégicos, siempre que se desarrollen procesos y herramientas alineados con los principios de la gestión de activos.

La literatura sugiere que la adopción de metodologías de liderazgo basadas en lineamientos estructurados podría fortalecer la cultura organizacional y el compromiso colectivo, especialmente cuando dicha visión se articula con la gestión de activos. En un entorno minero, este enfoque tendría el potencial de aumentar la confianza, la responsabilidad y la participación del personal operativo y técnico, siempre que se acompañe de procesos de comunicación y formación adecuados.

Una planificación efectiva, puede contribuir a optimizar el uso de recursos, reducir la variabilidad y favorecer respuestas más proactivas ante cambios en las condiciones operativas. De forma complementaria, un control operativo bien estructurado podría facilitar la gestión del riesgo y el incremento de la disponibilidad de los activos, configurándose como un pilar relevante para avanzar hacia una mayor estabilidad productiva y niveles superiores de desempeño operacional en la planta.

La integración entre liderazgo, planificación y control operativo se plantea, desde la perspectiva teórica, como un factor que podría potenciar la gestión del ciclo de vida del activo. Si estos pilares llegaran a actuar de forma conjunta y coordinada, la organización estaría en mejores condiciones de tomar decisiones basadas en evidencia a lo largo de todo el ciclo de vida de los activos y de buscar un equilibrio más consistente entre costo, riesgo y desempeño.

Las metodologías que integran liderazgo, planificación y gestión del ciclo de vida del activo se describen en la literatura como herramientas que podrían fortalecer la capacidad de las organizaciones para adaptarse a entornos complejos, como ocurre en la minería, marcada por incertidumbre geológica, variabilidad de producción y crecientes demandas regulatorias. Su aplicación en la empresa minera representaría una oportunidad para desarrollar una respuesta más estructurada frente a estas condiciones.

La madurez en gestión de activos enfoca contingencias mediante decisiones que se basan en evidencia y coordinación entre áreas (Amadi-Echendu, 2010).

El desarrollo de estos pilares fortalece la resiliencia organizacional y la sostenibilidad. Un sistema de gestión de activos que alinea la ISO 55001, promueve la capacidad de anticipar riesgos y adaptarse a entornos volátiles, característicos de la industria minera.

El diseño de planes de acción orientados a cumplir con los lineamientos de la ISO 55001 en la planta minera puede interpretarse como una oportunidad de aprendizaje organizacional. Más allá del cumplimiento normativo, la aplicación de esta norma podría promover una cultura de análisis, autoevaluación y mejora continua. En la medida en que estos planes llegaran a ejecutarse, el proceso tendría el potencial de estimular la innovación, favorecer la participación de los equipos y generar un entorno más colaborativo, en el que la experiencia técnica se articule con la visión estratégica.

Objetivo 3 – Aplicación

Construir el instrumento de investigación en el cual permita la recopilación sistemática del nivel de desarrollo e implementación de los pilares de Liderazgo y Ciclo de Vida del Activo alineados a la Norma ISO 55001 con respaldo de la UNE-EN-60300-3-3 y la metodología de Mantenimiento Productivo Total de una empresa minera.

El liderazgo y la gobernanza condicionan la adopción efectiva de prácticas núcleo de gestión de activos y mantenimiento, que afectan directamente en el desempeño operativo y la madurez organizacional (Msongole, 2022).

Mientras que, para el costo de ciclo de vida, los enfoques de mantenimiento y confiabilidad deciden de manera superior la intervención y renovación (Alvarado, 2022).

Este instrumento fundamenta dichos hallazgos para medir brechas (situación actual) y priorizar acciones (plan de acciones).

Marco Normativo y Conceptual

Norma ISO 55001:2024 – Liderazgo, gobernanza y alineación estratégica

La ISO 55001 refuerza el rol de liderazgo estratégico en su cláusula 5.1 que enfatiza la responsabilidad explícita de la alta dirección de establecer la orientación, garantizar recursos, promover la cultura organizacional y asegurar la toma de decisiones que se basan en valor que aportan los activos durante todo su ciclo de vida.

El éxito de la gestión de activos relaciona directamente el nivel de compromiso visible de la dirección y la capacidad de habilitar procesos y comportamientos entre todas las áreas de organización (Msongole, 2022).

Organizaciones con liderazgo fuerte avanzan más rápido hacia modelos de mantenimiento inteligentes, al integrar gestión de datos, confiabilidad y análisis de riesgos en la toma de decisiones (Johannes, 2021).

Este pilar mide la comunicación estratégica, claridad de responsabilidades, soporte directivo, trabajo transversal entre áreas y revisión de desempeño.

Norma ISO 55001:2024 – Gestión del ciclo de vida del activo

La cláusula 8.1 la norma ISO 55001 enfatiza la necesidad de planificar, controlar y evaluar el desempeño del activo en todas sus fases, desde el diseño y adquisición hasta la operación, modificación y retiro. Este enfoque promueve decisiones con base en riesgo, confiabilidad y costo total del activo.

Cuando el ciclo de vida es sistemático, las organizaciones optimizan inversiones y evitan decisiones reactivas que incrementan costos operativos (Parra Marquez & Crespo Márquez, 2019).

UNE EN 60300-3-3 – Apartado 5: *Life cycle costing (LCC)*

El apartado 5 establece el proceso sistemático para realizar un análisis del costo de ciclo de vida, donde se definen las categorías de costos: CAPEX, OPEX, costos de falla, repuestos, renovación y retiro; la tasa de descuento, la incertidumbre y la sensibilidad del modelo.

Incorporar LCC demuestra que se justifica técnicamente decisiones de reemplazo, modernización o extensión de vida útil, lo cual es clave en activos de alta criticidad (Pais et al., 2019).

El LCC es el marco para evaluar la coherencia económica detrás de las decisiones de mantenimiento y reposición.

Mantenimiento Productivo Total (TPM)

La metodología del TPM aporta la dimensión cultural y operativa que conecta personas, activos y desempeño.

La madurez del mantenimiento mejora cuando los colaboradores operativos participan en el cuidado del activo (Errandonea, 2022).

El TPM evalúa la cultura organizacional, apropiación del activo, estandarización operativa y disciplina técnica.

Escala de Likert

El uso de escalas tipo Likert facilita la medición de percepciones, actitudes y niveles de acuerdo. Esto captura el grado de conformidad con afirmaciones que relacionan el desempeño y experiencia para luego promediar los ítems en una escala compuesta (Sullivan, 2013).

Es útil para evaluar el grado de implementación de prácticas organizaciones, mediante ítems que miden variables como el liderazgo, toma de decisiones y participación del personal. La escala se aplica en entornos industriales y destaca la importancia de redactar afirmaciones claras y evitar ambigüedad. Se recomiendan escalas de 4 puntos para evitar respuestas nuestras o evasivas (Joshi et al., 2015).

De acuerdo con evaluaciones sobre el impacto del número de opciones de respuesta en la escala de Likert, por ejemplo, de 4, 5 y 7 puntos, se determina que la escala de 4 puntos es útil para estudios que requieren definir posicionamientos, como diagnósticos de madurez organizacional o auditorías internas (Kusmaryono et al., 2022).

La elección de una escala Likert de cuatro puntos responde a la necesidad de obtener respuestas definidas respecto al nivel de implementación de las prácticas a evaluar, donde se evita posiciones neutras o de no compromiso.

La escala sin punto medio favorece la toma de postura evaluativa, lo que resulta especialmente pertinente en esta investigación que requiere distinguir entre ausencia, presencial parcial o consolidación de prácticas.

También presentan firmeza interna satisfactoria cuando las encuestas se agrupan en dimensiones claras como:

- Liderazgo y compromiso
- Ciclo de vida del activo

Diseño de Encuesta para Liderazgo y Compromiso

El proceso de diseño de las preguntas que conforman la encuesta son parte de los lineamientos metodológicos de la ISO 55001:2024 y en los principios operativos del Mantenimiento Productivo Total e integra aspectos estratégicos de liderazgo y compromiso.

La construcción del instrumento parte de una revisión exhaustiva de la literatura científica y estudios, por lo que se define dimensiones observables y medibles bajo una escala de Likert de cuatro puntos que captura percepciones definidas sin neutralidad (Msongole, 2022).

Cada pregunta atiende criterios de claridad, relevancia y alineación normativa, con el propósito de evaluar de manera transversal el nivel de desarrollo de prácticas de liderazgo y compromiso organizacional.

Liderazgo como factor de éxito del sistema de gestión

El éxito del sistema de gestión en nuestra área depende en gran medida de la orientación, ejemplo y dirección que ejerce el líder sobre el personal.

☐ *Muy de acuerdo* ☐ *Poco de acuerdo* ☐ *En desacuerdo* ☐ *Muy en desacuerdo*

Esta pregunta identifica la percepción del personal respecto al rol que ejerce el liderazgo en éxito del sistema de gestión. Es claro que la orientación estratégica, el ejemplo visible y la dirección operativa influyen directamente en la cultura organizacional, la disciplina técnica y la coherencia en la toma de decisiones.

El compromiso gerencial asocia significativamente mayores beneficios de productividad y efectividad. Además, el liderazgo activo evidencia que es condición habilitante para el desarrollo del TPM (Díaz-Reza, 2018).

Conocimiento de los objetivos estratégicos y comprensión de la política de gestión de activos

Conozco los objetivos estratégicos de la organización.

☐ *Muy de acuerdo* ☐ *Poco de acuerdo* ☐ *En desacuerdo* ☐ *Muy en desacuerdo*

Conozco la política de gestión de activos de la empresa y entiendo su propósito dentro de las operaciones diarias.

☐ *Muy de acuerdo* ☐ *Poco de acuerdo* ☐ *En desacuerdo* ☐ *Muy en desacuerdo*

Estas preguntas determinan el nivel de difusión y claridad de los objetivos estratégicos de la organización y de la política de gestión de activos. Conocer y comprender el propósito asegura que las acciones del personal estén alineadas con los objetivos estratégicos y el desempeño que se espera de los activos.

La respuesta evidencia el grado de comunicación y socialización interna del sistema de gestión.

Conocimiento y comprensión de la política de gestión de activos

Usted cuenta con todos los recursos necesarios (herramientas, información, equipos y tiempo) para realizar adecuadamente sus actividades.

☐ *Muy de acuerdo* ☐ *Poco de acuerdo* ☐ *En desacuerdo* ☐ *Muy en desacuerdo*

Esta pregunta evalúa si el liderazgo garantiza las condiciones necesarias para la ejecución efectiva del trabajo, incluyendo herramientas, información, equipos y tiempo.

La disponibilidad correcta de recursos refleja la capacidad de la gestión para planificar, priorizar y apoyar al personal técnico, impactando en la continuidad operacional y prevención de fallas.

Promoción de la mejora continua por parte del liderazgo

En su área se identifican y desarrollan procesos de oportunidades de mejora.

☐ *Muy de acuerdo* ☐ *Poco de acuerdo* ☐ *En desacuerdo* ☐ *Muy en desacuerdo*

Esta pregunta mide el nivel de impulso, guía y facilitación que ejercer el líder inmediato respecto a la mejora continua.

Reconocimiento al aporte de los colaboradores

Los colaboradores contribuyen con una alta participación activa para el cuidado y desempeño de los activos de su área.

☐ *Muy de acuerdo* ☐ *Poco de acuerdo* ☐ *En desacuerdo* ☐ *Muy en desacuerdo*

El objetivo de esta pregunta es conocer si el liderazgo practica el reconocimiento y valoración del esfuerzo del personal.

Criterios claros para la toma de decisiones que se alineen a la organización

Los criterios y toma de decisiones sobre los activos están alineados con los objetivos de la organización y se reflejan en alta disponibilidad.

☐ *Muy de acuerdo* ☐ *Poco de acuerdo* ☐ *En desacuerdo* ☐ *Muy en desacuerdo*

Esta pregunta evalúa si las decisiones en materia de gestión de activos se basan en criterios claros, transparentes y en concordancia con los objetivos de la organización. Esto permite reducir variabilidad y generar acciones que generen valor.

Espacios para compartir mejoras y buenas prácticas

El liderazgo de mi área promueve y facilita espacios donde se comparten mejoras, lecciones aprendidas y buenas prácticas relacionadas con los equipos.

☐ *Muy de acuerdo* ☐ *Poco de acuerdo* ☐ *En desacuerdo* ☐ *Muy en desacuerdo*

Esta pregunta identifica si el liderazgo facilita espacios formales de intercambio de conocimiento, con el objetivo de consolidar aprendizajes y fortalecer capacidades colectivas.

Presencia activa del líder en campo

Mi líder participa activamente en actividades de campo para identificar problemas y apoyar la solución junto con el equipo.

☐ *Muy de acuerdo* ☐ *Poco de acuerdo* ☐ *En desacuerdo* ☐ *Muy en desacuerdo*

Esta pregunta busca conocer si el líder mantiene una participación directa en terreno, acompaña al equipo en la identificación de problemas y en la toma de decisiones operativas.

La presencia activa en campo es un indicador de liderazgo cercano, colaborador que orienta hacia la solución y genera compromiso y apropiación del trabajo.

Diseño de Encuesta para Ciclo de Vida del Activo

El diseño de las preguntas con respecto al pilar de ciclo de vida parte de los lineamientos del numeral 8.1 de la ISO 55001:2024 con apoyo de la UNE 60300-3-3 sobre el proceso del costo de ciclo de vida.

Estas preguntas tienen el propósito de evaluar el grado de conocimiento, aplicación e integración de prácticas relacionadas con la planificación evaluación económica, gestión de datos y mejora continua del activo a lo largo de todas sus fases.

Comprensión del ciclo de vida y su planificación

Conozco las fases del ciclo de vida de los activos con los cuales trabajo (adquisición, operación, mantenimiento y retiro), y entiendo su importancia en la toma de decisiones diarias.

☐ *Muy de acuerdo* ☐ *Poco de acuerdo* ☐ *En desacuerdo* ☐ *Muy en desacuerdo*

Esta pregunta identifica si el colaborador reconoce que los activos atraviesan distintas etapas desde su adquisición hasta su retiro y que en cada instancia se requiere de cuidados y decisiones específicas.

Aplicación de criterios y procedimientos en el control operativo

Durante la ejecución de actividades de operación y mantenimiento, los procedimientos que se aplican son claros y se cumplen de manera consistente.

☐ *Muy de acuerdo* ☐ *Poco de acuerdo* ☐ *En desacuerdo* ☐ *Muy en desacuerdo*

Esta pregunta evalúa si las actividades de operación y mantenimiento siguen criterios, estándares y procedimientos formales.

Esta respuesta refleja si existe disciplina operativa y control, elemento clave del cumplimiento del numeral 8.1 de la ISO 55001.

Uso de datos para la toma de decisiones y retroalimentación

La información registrada sobre fallas, costos y desempeño de los activos se utiliza para ajustar planes de mantenimiento y mejorar resultados operativos.

☐ *Muy de acuerdo* ☐ *Poco de acuerdo* ☐ *En desacuerdo* ☐ *Muy en desacuerdo*

Esta pregunta determina si los colaboradores registran, consultan y utilizan datos reales de fallas, costos y desempeño del activo para mejorar estrategias de mantenimiento y producción. Además, se evidencia si existe cultura de análisis y aprendizaje organizacional, lo que es necesario para sostener el ciclo de vida del activo.

Revisión periódica y mejora continua del ciclo de vida

En mi área se revisan periódicamente los resultados operativos del activo para identificar mejoras y ajustar estrategias durante su ciclo de vida.

☐ *Muy de acuerdo* ☐ *Poco de acuerdo* ☐ *En desacuerdo* ☐ *Muy en desacuerdo*

Se identifica si la organización realiza revisiones sistemáticas del desempeño del activo y ajusta su estrategia en función de ellas.

Esto indica que existe un proceso de mejora continua, fundamental para asegurar valor y desempeño sostenible del activo.

Evaluación de alternativas de diseño, operación o mantenimiento

En mi área se evalúan distintas alternativas técnicas u operativas antes de tomar decisiones sobre el mantenimiento o intervención de un activo.

☐ *Muy de acuerdo* ☐ *Poco de acuerdo* ☐ *En desacuerdo* ☐ *Muy en desacuerdo*

Esta pregunta verifica si los colaboradores reconocen la existencia de evaluación de opciones antes de decidir una acción sobre el activo, lo cual corresponde al análisis comparativo que recomienda la UNE-EN 60300-3-3.

Esta respuesta refleja la madurez de la organización en la toma de decisiones con base en el costo del ciclo de vida del activo y no solo en costo de urgencia.

Definición de tareas, roles y responsabilidades para el control operativo

En mi área están claramente definidos los roles, responsabilidades y tareas relacionadas con la operación y el mantenimiento de los activos.

☐ *Muy de acuerdo* ☐ *Poco de acuerdo* ☐ *En desacuerdo* ☐ *Muy en desacuerdo*

Esta pregunta evalúa el grado de claridad organizacional y coordinación interna. El numeral 8.1 de la ISO 55001 y el 5.3.2 de la UNE-EN 60300-3-3 indican que la organización debe contar con estructura y orden en la ejecución de actividades.

Identificación de parámetros financieros relevantes

En mi área se consideran parámetros financieros como vida útil, tasas de descuento, costos futuros y riesgos económicos en la toma de decisiones sobre activos.

☐ *Muy de acuerdo* ☐ *Poco de acuerdo* ☐ *En desacuerdo* ☐ *Muy en desacuerdo*

Esta pregunta determina si el personal de la organización reconoce la importancia de los criterios financieros en la toma de decisiones con respecto a los activos. Indica si la organización considera el valor del ciclo de vida y no solo gastos inmediatos.

Definición de la estructura de desglose de costos

En la organización existe una estructura clara para desglosar los costos asociados a los activos (adquisición, operación, mantenimiento, fin de vida), y se utiliza para analizar su comportamiento.

☐ *Muy de acuerdo* ☐ *Poco de acuerdo* ☐ *En desacuerdo* ☐ *Muy en desacuerdo*

Esta pregunta verifica si los colaboradores conocen y aplican una estructura de costos del ciclo de vida del activo. Es decir, identifican dónde se generan los costos y cómo afectan el desempeño del activo.

La respuesta refleja madurez en la gestión económica del activo.

Implementación de análisis LCC y de sensibilidad

En mi área se realizan análisis de costo del ciclo de vida (LCC) o comparaciones de escenarios para evaluar diferentes decisiones operativas o de mantenimiento.

☐ *Muy de acuerdo* ☐ *Poco de acuerdo* ☐ *En desacuerdo* ☐ *Muy en desacuerdo*

La pregunta mide si los colaboradores aplican herramientas de análisis económico y técnico para proyectar impactos futuros.

Conclusiones Objetivo 3

El proceso de construcción del instrumento de investigación se fundamenta en la integración conceptual y metodológica de la Norma ISO 55001:2024, la UNE-EN 60300-3-3 y la metodología de Mantenimiento Productivo Total (TPM). Esta articulación caracteriza el nivel de desarrollo e implementación de los pilares de Liderazgo y Ciclo de Vida del Activo desde una perspectiva sistemática y operativa.

El marco normativo proporciona los lineamientos estratégicos que orientan la gestión del activo hacia la generación de valor, mientras que la UNE-EN 60300-3-3 aporta los fundamentos técnicos para la toma de decisiones basadas en costo del ciclo de vida, desempeño y riesgo.

La metodología TPM complementa este enfoque mediante la incorporación de prácticas culturales y de participación del personal, necesarias para consolidar una gestión de activos sostenible y que se centra en la confiabilidad operacional.

La elección de la escala de Likert de cuatro puntos resulta coherente con la naturaleza del estudio porque favorece la obtención de respuestas definidas y evita posiciones neutrales. Su aplicación en este contexto apoya la construcción de un diagnóstico comparativo que sirve como base para la formulación de planes de mejora en la gestión de activos y liderazgo.

La elaboración de las preguntas identifica el grado en que los colaboradores aplican en su trabajo cotidiano los principios de liderazgo operativo, disciplina en la ejecución, análisis de desempeño y retroalimentación continua del ciclo de vida del activo.

El instrumento muestra el nivel de implementación técnica de los procesos y la presencia o ausencia de hábitos organizacionales que sustentan la confiabilidad y disponibilidad de los equipos.

Los resultados son esenciales para describir el análisis situacional de la organización con respecto a los pilares de liderazgo y ciclo de vida. Asimismo, para definir acciones de fortalecimiento.

Objetivo 4 – Análisis

Explicar el análisis situacional del desarrollo e implementación actual para los requerimientos 5.1 y 8.1 de la Norma ISO 55001 que se obtienen de la aplicación del instrumento de investigación en una empresa minera.

La comprensión de los numerales 5.1 Liderazgo y Compromiso y 8.1 Ciclo de Vida del Activo de la ISO 55001 resulta fundamental ya que el liderazgo es un factor articulador de la cultura de gestión de activos y el ciclo de vida define la capacidad de la organización para administrar el desempeño de activo (Baque Mite & Mera Chinga, 2020).

Este análisis sustenta la aplicación del instrumento de investigación del objetivo 3 que identifica percepciones, prácticas y niveles de madurez asociados a dichos requerimientos normativos. Esto con el propósito de establecer fortalezas, oportunidades de mejora y brechas respecto a lo que menciona la norma ISO 55001.

Metodología del Instrumento de Medición

El diseño de las encuestas es de tipo Likert de cuatro puntos (Muy de acuerdo – Poco de acuerdo – En desacuerdo – Muy en desacuerdo) que minimiza la neutralidad.

El mapeo fueron explícitamente de los requisitos 5.1 y 8.1 de la norma ISO 55001 y se toma como guías la aplicación de la metodología de TPM para liderazgo y la UNE-EN 60300-3-3 para el ciclo de vida del activo.

En estudios afines, el uso de encuestas estructuradas y análisis de consistencia muestra la capacidad explicativa sobre desempeño operativo y madurez de la organización, y aporta evidencia de validez de la construcción teórica para comprender un problema (Maletič, 2020).

Población Muestral y Procedimiento de Aplicación

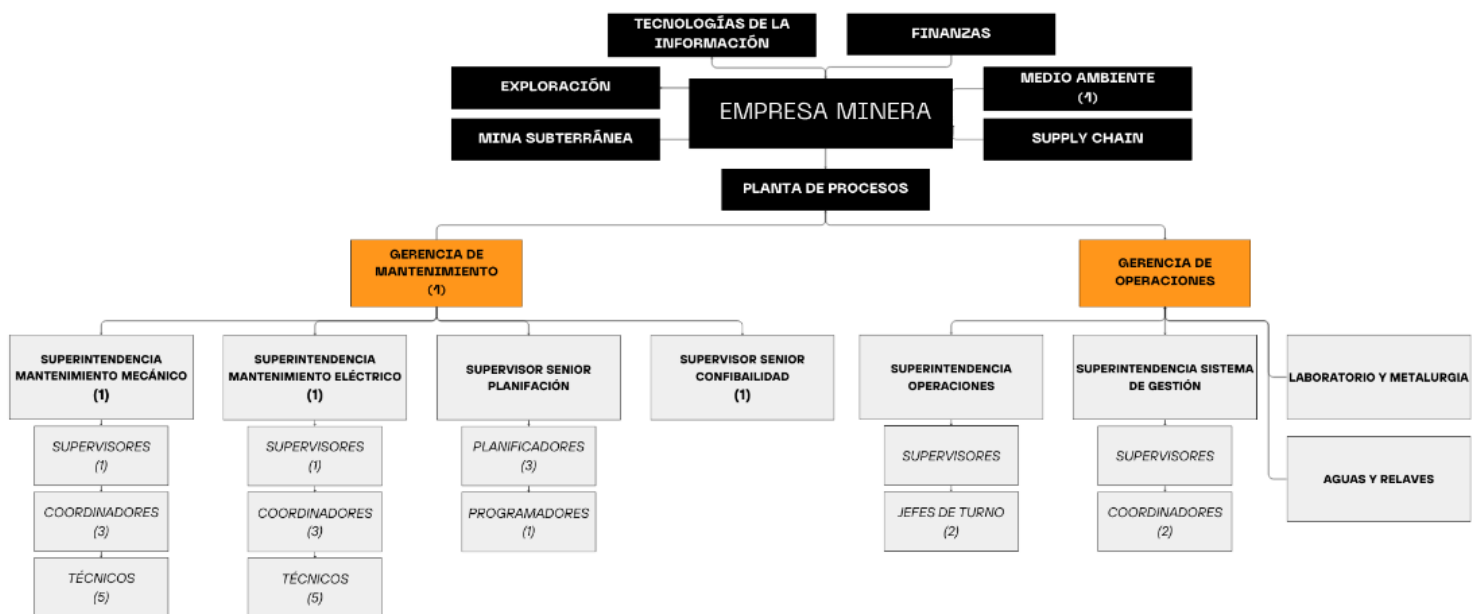
La aplicación del Teorema Central del Límite examina que la media muestral alcanza una forma aproximadamente normal a partir del umbral común de $n \geq 30$. Esta regla es una referencia útil para estudios no probabilísticos (Islam, 2018).

La selección de los participantes se realiza mediante un muestro intencional que orienta a incluir a aquellos actores clave que mantienen relación directa con a la gestión, operación y toma de decisiones sobre los activos en la planta de procesos.

La Figura 6 presenta el organigrama funcional de la planta de procesos en el que se destacan las áreas anteriormente mencionadas y los roles que participan en la encuesta. Esta figura permite visualizar la distribución jerárquica y operativa de los participantes y facilita la comprensión de cómo se articula la responsabilidad desde la alta dirección hasta los niveles de coordinación y ejecución.

Figura 6.

Población muestral de acuerdo al organigrama de la Planta de Procesos



Nota: El organigrama presenta la estructura funcional de la Planta de Procesos, destaca las áreas involucradas en la gestión del activo y la selección de roles que participan en la encuesta. Se incluye junto a cada área un número que representa la cantidad de participantes para el desarrollo del instrumento de investigación. Aunque la encuesta aplica exclusivamente al personal de la Planta de Procesos, se muestran también otras áreas de la organización con el fin de evidenciar la relación jerárquica y la articulación operativa desde la alta dirección hasta los niveles de supervisión y ejecución. Elaboración propia³.

³ En adelante todas las figuras que no tenga cita se entiende de autoría del propio autor.

El desarrollo del instrumento de investigación por parte de los participantes es de manera anónima mediante una plataforma digital (*Google Forms*) con el fin de promover respuestas libres de presión jerárquica. Asimismo, se comunica a los participantes el objetivo de la investigación y es que se orienta a la mejora de los procesos y no al desempeño individual.

Este enfoque es consistente con prácticas en estudios previos sobre gestión de activos en industrias intensivas en infraestructura y procesos, en los que la participación consciente y voluntaria del personal es un factor clave para obtener resultados veraces y útiles para el diagnóstico organizacional (Maletič, 2020).

Resultados del Análisis Situacional

Las ponderaciones promedio de las preguntas se clasifican en tres niveles: débil, medio y fuerte. La presentación de resultados es mediante un gráfico tipo radar junto con tablas que muestran la ponderación correspondiente a cada nivel. Los datos en bruto están disponibles en el Anexo 1.

La muestra poblacional se encuentra representada en la Figura 7, en donde la distribución del nivel de responsabilidad de los 31 participantes evidencia una representación predominante de roles operativos y de coordinación dentro de la Planta de Procesos.

Los grupos con mayor participación corresponden a técnicos/as con especialización y coordinadores/as, ambos con 10 participantes, lo que refleja una fuerte presencia de personal directamente en relación con la ejecución, soporte técnico y coordinación operativa.

En niveles de supervisión intermedia, los supervisores/as representan a 3 participantes y los planificadores/as a 4, aportando una visión clave sobre la gestión táctica del mantenimiento.

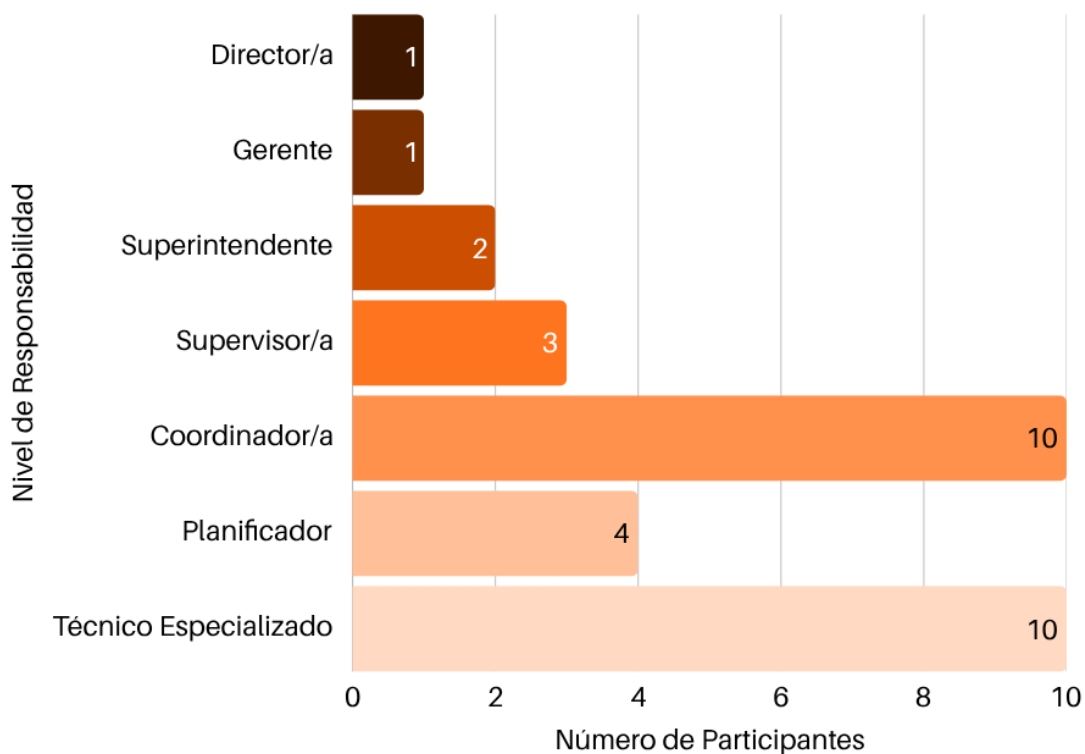
Los roles de mayor jerarquía, como directores/as (1), gerente (1) y superintendentes (2), muestran una menor participación relativa, aunque suficiente para incorporar perspectivas estratégicas en la interpretación global de los resultados.

Esta composición permite un análisis que equilibra los niveles estratégico, táctico y operativo y asegura una robustez en la evaluación del liderazgo y la gestión del ciclo de vida del activo.

Figura 7.

Distribución de la Muestra Poblacional por Nivel de Responsabilidad

MUESTRA POBLACIONAL



Nota: La figura presenta la distribución de la muestra poblacional de manera jerárquica según los niveles de responsabilidad dentro de la empresa minera. En la parte superior se ubican los cargos directivos (Director, Gerente y Superintendente) con hasta dos participantes, refleja la representación de la estructura estratégica. A continuación, están los niveles tácticos y operativos, donde destacan Supervisores/as con tres participantes, Planificadores con cuatro, y una mayor presencia en los roles de Coordinador/a y Técnico Especializado, ambos con diez participantes. Esta disposición jerárquica refleja con claridad cómo se distribuye la participación a lo largo de la cadena de responsabilidad, integrando perspectivas desde la alta dirección hasta los niveles operativos. Elaboración propia⁴.

⁴ En adelante todas las figuras que no tenga cita se entiende de autoría del propio autor.

Análisis del numeral 5.1 Liderazgo y Compromiso

La Tabla 3. Presenta la evaluación completa de las categorías de análisis del pilar 5.1 de la Norma ISO 55001:2024, el cual establece requerimientos de liderazgo de la alta dirección que debe demostrar para garantizar la eficacia del sistema de gestión de activos.

Cada categoría vincula a los literales específicos del número 5.1 y evidencia las percepciones del personal que participa en la encuesta.

Tabla 3.

Resultados Promedio de las Encuestas del Pilar 5.1 – Liderazgo y Compromiso según ISO 55001:2024

Categoría de Análisis	Literal Pilar 5.1 (ISO 55001:2024)	Pregunta Asociada	Promedio
Dirección y ejemplo del líder	a), e), h)	El éxito del sistema de gestión depende del ejemplo y dirección del líder.	3.13
		Mi líder participa activamente en actividades de campo.	2.00
Comunicación y alineación estratégica	b), c), f)	Conozco los objetivos estratégicos de la organización.	1.97
		Conozco la política de gestión de activos y su relación con mis actividades.	1.65
Recursos y apoyo a la gestión del activo	d), h)	Cuento con los recursos necesarios (herramientas, información, capacitación).	2.10
Participación del personal	h), i)	Los colaboradores participan activamente en decisiones sobre los activos.	2.71
		Mi área promueve espacios de lecciones aprendidas y buenas prácticas.	2.13
Toma de decisiones alineada al negocio	c), g)	Las decisiones sobre los activos están alineadas con los objetivos de la organización.	1.84
Mejora continua y aprendizaje organizacional	f), g), i)	En mi área se identifican y desarrollan oportunidades de mejora.	2.13

Nota: La tabla presenta los resultados de las encuestas sobre Liderazgo y Compromiso de la empresa minera. Se asocia categorías de análisis con relación directa del pilar 5.1 de la Norma ISO 55001:2024. Cada una de las preguntas tienen su ponderación promedio. Esta estructura visualiza de manera integral el grado de cumplimiento que perciben los colaboradores frente a los requisitos normativos que relaciona la dirección visible. Elaboración propia⁵.

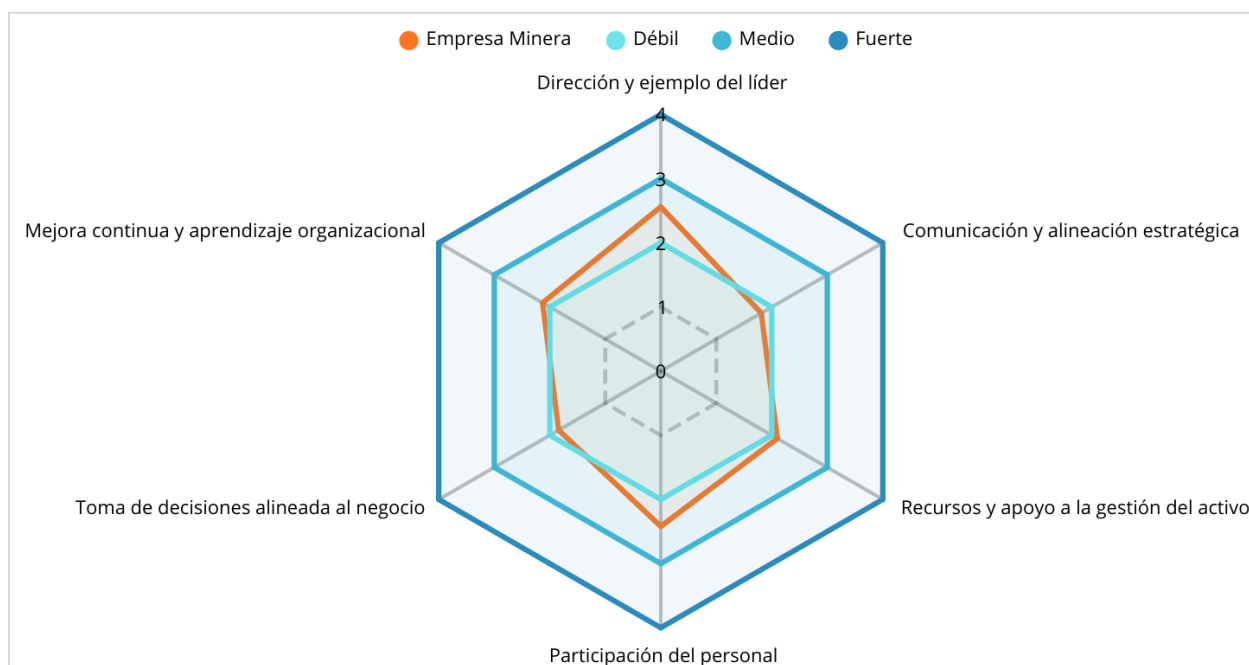
⁵ En adelante todas las figuras que no tenga cita se entiende de autoría del propio autor.

Con el propósito de complementar el análisis cuantitativo del desarrollo del instrumento de investigación con relación al pilar 5.1 de la ISO 55001:2024, la Figura 8 sintetiza el comportamiento promedio de cada categoría en tres niveles de clasificación: débil, medio y fuerte.

A través de esta figura, la dirección visible y la participación del personal muestran un desarrollo relativamente mayor, mientras que la comunicación estratégica y la toma de decisiones alineadas al negocio se posicionan en los niveles más bajos, lo que evidencia oportunidades claras de mejora.

Figura 8.

Diagrama tipo Radar del Nivel de Desarrollo del Pilar 5.1 – Liderazgo y Compromiso



Nota La figura presenta un gráfico radar que ilustra el nivel de desarrollo que los participantes perciben en cada una de las categorías de análisis con relación al pilar 5.1 de la Norma ISO 55001:2024, integra los valores resultantes de la encuesta. El gráfico compara el promedio de la empresa con los rangos cualitativos para los niveles débil, medio y fuerte, identifica visualmente el grado de alineación entre las prácticas actuales de liderazgo y los requerimientos normativos. Esta representación facilita la detección rápida de brechas y fortalezas en dimensiones clave como dirección visible, comunicación estratégica, recursos, participación del personal, toma de decisiones y mejora continua. Elaboración propia⁶.

⁶ En adelante todas las figuras que no tenga cita se entiende de autoría del propio autor.

Análisis del numeral 8.1 Planificación y Control Operativo / Ciclo de Vida

La Tabla 4. Consolida los resultados de la encuesta del Ciclo de Vida del Activo, correspondiente al pilar 8.1 de la Norma ISO 55001:2024 y complementa lineamientos técnicos de la UNE-EN 60300-3-3 en relación al análisis de costos del ciclo de vida.

Este análisis vincula nueve categorías que describen el grado de desarrollo y comprensión de los procesos en vinculación al ciclo de vida dentro de la empresa minera que considera etapas como planeación, operación, mantenimiento, revisión del desempeño y toma de decisiones con base en costos y riesgos.

Cada categoría de análisis integra los literales específicos del numeral 8.1 de la norma ISO 55001:2024 y alinea prácticas actuales con los requisitos formales del sistema de gestión de activos. También incluye promedios resultantes de la encuesta por cada pregunta.

Tabla 4.

Resultados Promedio de las Encuestas del Pilar 8.1 – Ciclo de Vida del Activo según ISO 55001:2024

Categoría de Análisis	Literal Pilar 8.1 (ISO 55001:2024)	Pregunta Asociada	Promedio
Conocimiento del Ciclo de Vida del Activo	a), b)	Conozco las fases del ciclo de vida de los activos y su importancia en decisiones diarias.	2.26
Ejecución y Seguimiento de Actividades del Ciclo de Vida	b), c), e)	Durante la operación y mantenimiento, aplicamos prácticas que consideran el ciclo de vida.	2.19
Información Operativa y Retroalimentación	c), d)	La información registrada sobre fallas, costos y desempeño se usa para decisiones operativas.	2.16
Monitoreo y Revisión del Desempeño del Activo	c), d), e)	Se revisan periódicamente resultados operativos para identificar mejoras.	1.97
Evaluación de Alternativas Técnicas y de Mantenimiento	c), e)	Se evalúan alternativas técnicas u operativas para mejorar desempeño o reducir riesgo.	2.19
Roles y Responsabilidades en el Ciclo de Vida	a), d)	Los roles y responsabilidades del ciclo de vida están claramente definidos.	2.23

Parámetros Financieros y Análisis Económico Inicial	d), e)	Se consideran parámetros como vida útil, costos de operación y reposición.	2.03
Estructura para el Desglose del Ciclo de Vida	b), c), d)	Existe estructura clara para desglosar el ciclo de vida y analizar su comportamiento.	1.84
Aplicación del LCC (UNE-EN 60300-3-3)	a), b), e)	Se realizan análisis de costo del ciclo de vida (LCC) para decisiones operativas o de mantenimiento.	1,84

Nota: La tabla presenta los resultados de las encuestas sobre Ciclo de Vida del Activo de la empresa minera. Se asocia categorías de análisis con relación directa del pilar 8.1 de la Norma ISO 55001:2024. Cada una de las preguntas tienen su ponderación promedio. Esta estructura visualiza áreas con desarrollo incipiente, en particular el desempeño y desglose estructural del ciclo de vida y la aplicación del LCC. Elaboración propia⁷.

Con el objetivo de evaluar de manera integral el nivel de desarrollo del Ciclo de Vida del Activo en empresa minera, el gráfico radar de la Figura 9. sintetiza los resultados de las nueve categorías del pilar 8.1 de la ISO 55001:2024, en complemento con los lineamientos de la UNE-EN 60300-3-3.

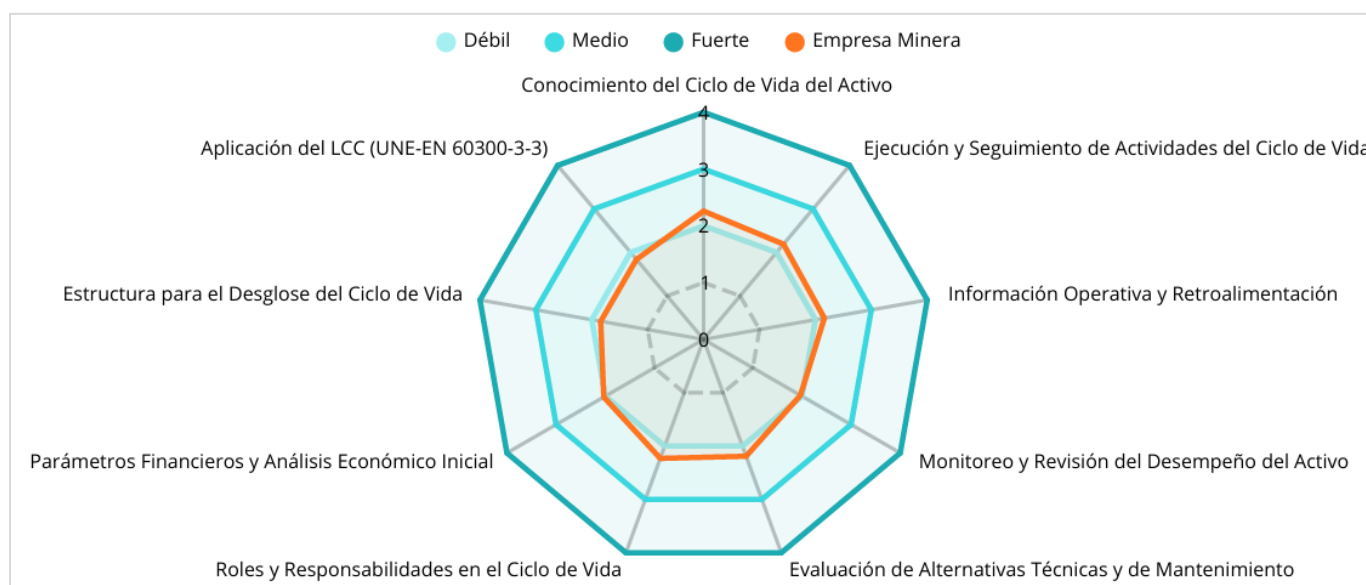
La Figura 9. compara el desempeño promedio de la empresa frente a la categorización cualitativa establecida en tres niveles: débil, medio y fuerte, y facilita la lectura visual del grado de madurez por cada categoría del ciclo de vida.

Esta representación muestra el comportamiento general del sistema y revela las áreas donde el desarrollo es más incipiente y aquellas donde se aprecia un avance leve, aporta una base clara para el análisis y priorización de acciones de mejora.

⁷ En adelante todas las figuras que no tenga cita se entiende de autoría del propio autor.

Figura 9.

Diagrama tipo Radar del Nivel de Desarrollo del Pilar 8.1 – Ciclo de Vida del Activo



Nota La figura presenta un gráfico radar que muestra la posición de la empresa frente a los tres niveles de referencia: débil, medio y fuerte, y define para la evaluación del Ciclo de Vida del Activo. Cada eje del gráfico es una categoría, tales como conocimiento del ciclo de vida, ejecución y seguimiento, información operativa, monitoreo del desempeño, evaluación de alternativas, roles y responsabilidades, parámetros financieros, estructura del ciclo de vida y aplicación del LCC. La línea en color naranja representa el promedio resultante de la organización, mientras que las áreas sombreadas en turquesa y azul delimitan los niveles medio y fuerte, respectivamente. Esta visualización identifica rápidamente qué categorías se ubican en niveles débiles como el análisis LCC, la estructura del ciclo de vida y la revisión del desempeño, y cuáles muestran un nivel medio de desarrollo. Elaboración propia⁸.

⁸ En adelante todas las figuras que no tenga cita se entiende de autoría del propio autor.

Análisis de Brechas

Matriz de análisis de brechas del numeral 5.1 Liderazgo y Compromiso

La Tabla 5. Evidencia el análisis de brechas correspondiente al pilar 5.1 de la Norma ISO 55001:2024 y presenta una evaluación con detalle del nivel de alineación entre las prácticas actuales de liderazgo y compromiso dentro de la empresa minera y los requisitos formales que la norma menciona.

Esta matriz integra las categorías y los resultados de la encuesta, clasifica el desempeño en niveles débil, medio y fuerte. Asimismo, identifica el nivel resultante según los lineamientos del sistema de gestión de activos y establece la brecha existente entre ambos valores.

Tabla 5.

Matriz análisis de brechas - 5.1 Liderazgo y Compromiso

Categoría de Análisis	Resultado Actual	Nivel Esperado	Brecha
Dirección y ejemplo de líder	Fuerte/Débil	Fuerte	Parcial
Comunicación y alineación estratégica	Débil	Fuerte	Alta
Recursos y apoyo a la gestión del activo	Medio	Fuerte	Media
Participación del personal	Medio	Fuerte	Media
Toma de decisiones alineada al negocio	Débil	Fuerte	Alta
Mejora continua y aprendizaje organizacional	Medio	Fuerte	Media

Nota: Esta tabla presenta el análisis con detalle de las brechas asociadas al pilar 5.1 de la Norma ISO 55001:2024, compara los resultados de la encuesta con los niveles de desempeño exigentes para un liderazgo que alinea la gestión de activos. La información por categorías vincula a los literales normativos, identifica claramente los puntos donde el liderazgo actual presenta oportunidades de mejora. Elaboración propia⁹.

⁹ En adelante todas las figuras que no tenga cita se entiende de autoría del propio autor.

Dirección y ejemplo de líder. La falta de presencia continua del liderazgo en campo reduce la credibilidad del sistema de gestión de activos. Se debilita la cultura de cumplimiento, disminuye la motivación del personal y genera inconsistencias en la ejecución operativa al no existir un liderazgo visible que refuerce buenas prácticas y estándares (Karauri, 2024).

Comunicación y alineación estratégica. La ausencia de claridad sobre los objetivos estratégicos y la política de gestión de activos provoca decisiones divididas de la estrategia corporativa. Esto genera duplicidad de esfuerzos, priorización incorrecta de actividades, gestión reactiva y poca trazabilidad entre desempeño, riesgo y metas organizacionales (de-Almeida-e-Pais et al., 2023).

Recursos y apoyo a la gestión del activo. La indisponibilidad de recursos (información, capacitación, herramientas) impacta la calidad de las actividades de mantenimiento, retrasa la ejecución, aumenta errores operativos y reduce la confiabilidad del activo. Se dificulta el cumplimiento de planes y el cierre oportuno de órdenes de trabajo.

Participación del personal. La participación del personal sin una estructura clara, limita la generación de mejoras, reduce la eficiencia en la identificación de fallas, debilita la retención del conocimiento operativo y disminuye el sentido de pertenencia respecto al desempeño del activo.

Toma de decisiones alineada al negocio. La toma de decisiones con base en experiencias individuales y no en criterios con justificación, aleja a la organización alinearse con los objetivos estratégicos. Esto afecta la disponibilidad del activo, incrementa el riesgo de fallas repetitivas, genera costos adicionales y deteriora la trazabilidad del proceso de toma de decisiones (Amadi-Echendu, 2010).

Mejora continua y aprendizaje organizacional. La falta de mecanismos formales para capturar lecciones con aprendizaje genera repetición de fallas, baja consolidación del conocimiento y poca innovación operativa. La organización opera de forma reactiva, sin cerrar adecuadamente los ciclos de mejora.

Matriz de análisis de brechas del numeral 8.1 Ciclo de Vida del Activo

La Tabla 6. Muestra el análisis de brechas del pilar 8.1 que integra los resultados de la encuesta sobre la gestión del ciclo de vida del activo. Esta matriz evalúa desde un enfoque con estructura, el grado de madurez con el que la organización planifica, ejecuta, monitorea y revisa las actividades en vinculación al ciclo de vida del activo.

La clasificación de los resultados es en niveles débil, medio y fuerte, en comparación con el nivel objetivo para un sistema de gestión de activos robusto.

Tabla 6.

Matriz análisis de brechas - 8.1 Ciclo de Vida del Activo

Categoría de Análisis	Resultado Actual	Nivel Esperado	Brecha
Conocimiento del Ciclo de Vida del Activo	Medio	Fuerte	Media
Ejecución y Seguimiento de Actividades del Ciclo de Vida	Medio	Fuerte	Media
Información Operativa y Retroalimentación	Medio	Fuerte	Media
Monitoreo y Revisión del Desempeño del Activo	Débil	Fuerte	Alta
Evaluación de Alternativas Técnicas y de Mantenimiento	Medio	Fuerte	Media
Roles y Responsabilidades en el Ciclo de Vida	Medio	Fuerte	Media
Parámetros Financieros y Análisis Económico Inicial	Medio	Fuerte	Media
Estructura para el Desglose del Ciclo de Vida	Débil	Fuerte	Alta
Aplicación del LCC (UNE-EN 60300-3-3)	Débil	Fuerte	Alta

Nota: Esta tabla sintetiza el diagnóstico de brechas correspondiente al pilar 8.1 de la ISO 55001:2024, en complemento con los principios de análisis del costo del ciclo de vida establecidos en la UNE-EN 60300-3-3. Cada categoría se relaciona con los literales normativos, mostrando el nivel de madurez en los procesos de planificación, ejecución, monitoreo y revisión del ciclo de vida del activo. Elaboración propia¹⁰.

¹⁰ En adelante todas las figuras que no tenga cita se entiende de autoría del propio autor.

Conocimiento del Ciclo de Vida del Activo. El personal no domina todas las fases del ciclo de vida (planificación, diseño, operación, mantenimiento, retiro). Esto genera decisiones sin relación por etapa, sobrecostos no previstos y falta de continuidad entre áreas (planificación, ingeniería, operaciones y mantenimiento).

Ejecución y Seguimiento de Actividades del Ciclo de Vida. La ejecución de actividades operativas no considera plenamente criterios de ciclo de vida, lo que provoca mantenimiento reactivo, reemplazos prematuros de activos, intervenciones no optimizadas y disminución de la vida útil esperada (Hastings, 2021).

Información Operativa y Retroalimentación. Los datos de fallas, costos y desempeño no se integran adecuadamente en análisis operativos. Las decisiones se basan en percepciones y no en evidencia técnica, se pierde capacidad para anticipar fallas críticas y optimizar intervenciones (Jardine, 2006).

Monitoreo y Revisión del Desempeño del Activo. Al no existir revisiones periódicas, la organización no detecta tendencias negativas en confiabilidad, disponibilidad o costos. Esto genera fallas recurrentes, altos riesgos operacionales y deficiente gestión de los indicadores clave del activo (Parra, 2020).

Evaluación de Alternativas Técnicas y de Mantenimiento. Las alternativas se evalúan de forma informal, sin análisis en comparación robustos. Esto conduce a seleccionar opciones más costosas o menos confiables y afecta el desempeño del activo y la eficiencia presupuestaria.

Roles y Responsabilidades en el Ciclo de Vida. La falta de claridad produce duplicidad de funciones, retrasos en aprobaciones, inconsistencias entre áreas y baja responsabilidad sobre el desempeño del activo en su ciclo completo.

Parámetros Financieros y Análisis Económico Inicial. Las decisiones no consideran totalmente la vida útil, TCO (*Total Cost of Ownership*) ni proyecciones financieras. Esto incrementa el riesgo de seleccionar activos o estrategias con costos ocultos o baja rentabilidad operacional (Gransberg, 2010).

Estructura para el Desglose del Ciclo de Vida. La organización no cuenta con un desglose formal del ciclo de vida, lo que dificulta análisis de riesgos, costos, depreciación, criticidad y planificación de reemplazos. Esto genera decisiones reactivas y pérdidas de valor del activo

Aplicación del LCC (UNE-EN 60300-3-3). No se aplica LCC, lo que impide comparar correctamente alternativas de inversión, mantenimiento y operación. La empresa no identifica el costo total del activo y pierde oportunidades de reducción de costos y optimización del ciclo de vida.

Conclusiones del Objetivo 4

El análisis situacional con respecto al pilar 5.1 de la ISO 55001:2024 evidencia un desarrollo entre medio y débil, lo que refleja una implementación parcial de los requisitos normativos. En el pilar 8.1, este comportamiento es aún más evidente, con brechas altas en aspectos clave como el análisis del ciclo de vida, la revisión del desempeño y la aplicación del LCC, lo que sugiere una inmadurez operativa en los procesos técnicos de gestión de activos.

El pilar 5.1 revela que el personal no conoce los objetivos estratégicos y la política de gestión de activos, y genera desconexión entre la operación diaria y la estrategia organizacional. Esta falta de alineación reduce la capacidad de priorizar, limita la trazabilidad de decisiones y afecta el cumplimiento de indicadores estratégicos, impactando tanto la confiabilidad como la eficiencia operativa.

Los resultados del pilar 8.1 muestran claramente que la empresa no cuenta con una estructura consistente para gestionar el ciclo de vida completo del activo. La falta de revisiones periódicas, la ausencia de metodologías formales para evaluar alternativas y la no aplicación

del análisis de costo del ciclo de vida generan un enfoque reactivo que incrementa costos, reduce disponibilidad y dificulta la anticipación de fallas y reemplazos.

Tanto el pilar 5.1 como el 8.1 muestran que la organización carece de procesos sistemáticos para capturar información, promover participación y consolidar conocimiento operativo. Esta debilidad afecta la mejora continua, fomenta la repetición de fallas y dificulta la consolidación de una cultura organizacional con visión al valor y al ciclo de vida del activo, condición esencial para alcanzar la madurez establecida en la ISO 55001.

Las matrices de brechas señalan áreas críticas que requieren atención para lograr un sistema de gestión de activos confiable y sostenible. Entre las más urgentes: fortalecer la comunicación estratégica, definir roles y responsabilidades, establecer procesos de monitoreo formal, integrar criterios de ciclo de vida en la toma de decisiones y aplicar metodologías económicas como el LCC.

El diagnóstico final evidencia que la empresa se encuentra en un nivel de madurez intermedio, con el potencial de evolucionar hacia un modelo con gestión y estandarizaciones mediante un plan de acción fuerte y con bases sólidas.

Objetivo 5 – Síntesis

Construir planes de acción con indicadores de cumplimiento para promover el desarrollo de Liderazgo y Ciclo de Vida del Activo con base en la Norma ISO 55001 relacionando las normas UNE-EN-15341 y SMRP Best Practices en una empresa minera.

Este objetivo orienta la construcción de planes de acción con indicadores de cumplimiento medibles para los requisitos de Liderazgo y Ciclo de Vida del Activo en el contexto de una empresa minera.

Cuando la gestión de activos en minería cumple explícitamente con la ISO 55001, el desempeño se alinea con riesgo y costos a lo largo de todo su ciclo de vida que fortalece el liderazgo técnico y la toma de decisiones estratégicas (Tholana, 2016a).

Asimismo, la literatura sobre medición de desempeño de mantenimiento destaca que los marcos de indicadores como UNE-EN 15341 y los métricos de SMRP *Best Practices* proporcionan una base estándar para la selección de KPI económicos, técnicos y organizacionales que vinculan los resultados de mantenimiento con los objetivos corporativos (Kumar, 2013).

Los modelos de gestión de activos con base en indicadores evalúan de forma integral la contribución de los procesos a la estrategia y ciclo de vida de los activos, facilita la priorización de acciones y el seguimiento sistemáticos del cumplimiento (Gutiérrez, 2019).

En este sentido, desarrollar planes de acción acompañados de indicadores claros cumple con los lineamientos técnicos de ISO 55001, UNE-EN 15341 y SMRP Best Practices, y le da a la organización una guía práctica y comprensible para avanzar.

El propósito es que la empresa minera disponga de una ruta metodológica verificable como un mapa con estructura que observe de manera progresiva la evolución del liderazgo y de la gestión del ciclo de vida del activo. Esta orientación mantiene claridad en las acciones, asegura coherencia con los lineamientos normativos y promueve una mejora continua que sea consciente, sistemática y sostenible en el tiempo.

Ciclo PHVA (*Planear, Hacer, Verificar, Actuar*)

La aplicación del ciclo PHVA es una metodología central para la construcción de los planes de acción con el propósito de fortalecer los requisitos de Liderazgo y Ciclo de Vida. El PHVA es un modelo universal de mejora continua que traduce brechas en acciones con estructura, verificación y orientación al aprendizaje organizacional.

El enfoque iterativo de este ciclo PHVA facilita la gestión con disciplina del desempeño, especialmente en entornos industriales donde la coordinación entre liderazgo, procesos críticos y toma de decisiones con base en datos resulta determinante (Taufik, 2020).

Utilizar el ciclo PHVA, los planes de acción se organizan en secuencias lógicas de planificación, ejecución, verificación y ajuste. Además, garantiza que cada actividad responda directamente a los resultados del análisis de brechas de las Tablas 5 y 6.

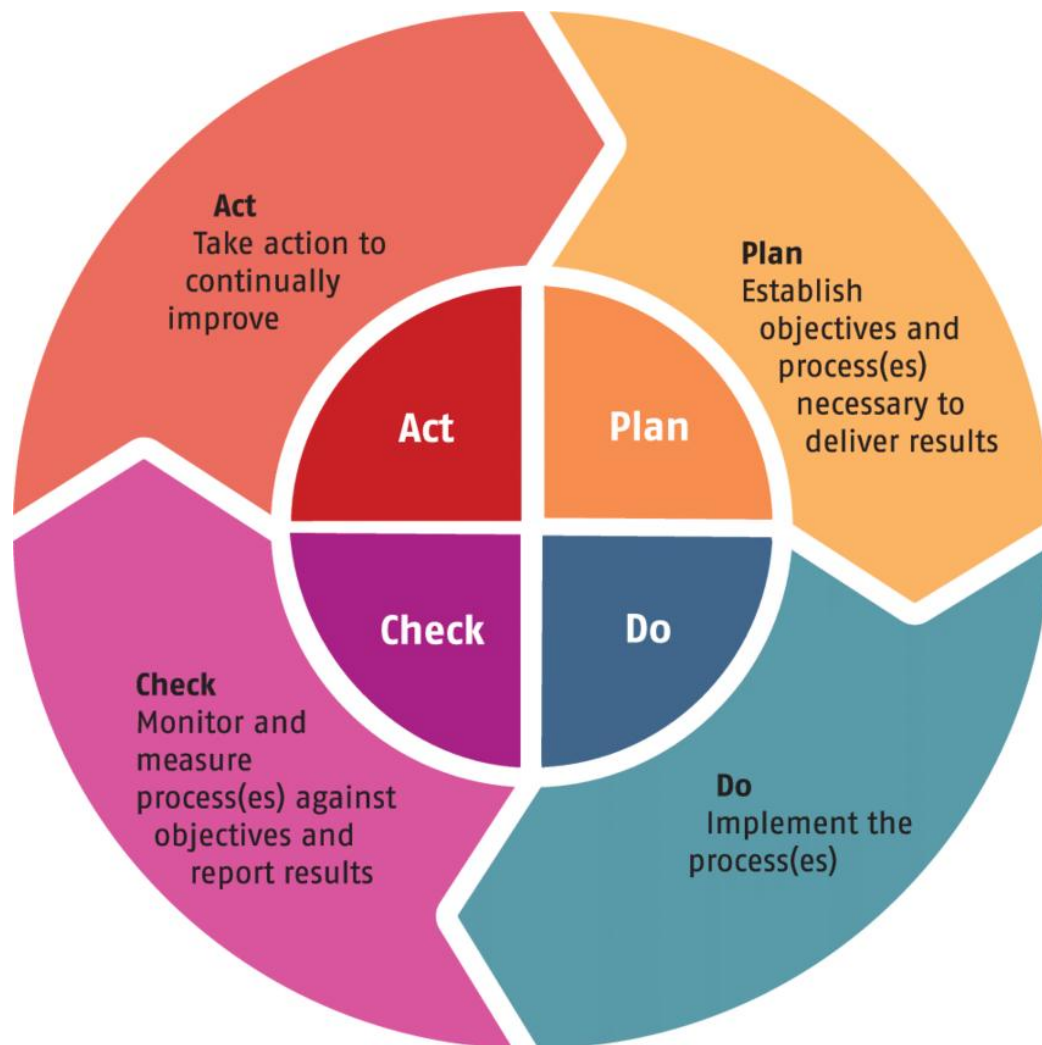
En este sentido, la metodología del ciclo PHVA es un mecanismo capaz de integrar la visión estratégica y los indicadores de desempeño que asegura a la organización un avance sistemático hacia niveles superiores de desempeño y conformidad con la norma ISO 55001:2024.

El ciclo PHVA funciona como método con estructura para cerrar brechas y para consolidar prácticas sostenibles de liderazgo, disciplina operativa con el objetivo de alcanzar un sistema de gestión de activos robusto y sostenible.

Como se muestra en la Figura 10. El ciclo PDCA, por sus siglas en inglés, presenta una estructura de intercambio progresivo de la organización para analizar problemas, ejecutar intervenciones, evaluar resultados y ajustar procesos con base en evidencia. Esto con el objetivo de incrementar la calidad operativa, optimizar recursos y fortalecer una cultura de mejora sistemática (Sokovic et al., 2010).

Figura 10. Ciclo PDCA para la mejora continua

Ciclo PDCA para la mejora continua



Nota: La figura muestra el ciclo PHVA como marco de mejora continua para estructurar los planes de acción de liderazgo y ciclo de vida del activo, adaptación de (Sokovic et al., 2010).

Articulación de categorías y problemas raíz para el ciclo PHVA

Liderazgo y Compromiso

A partir de la Tabla 5. Matriz de análisis de brechas – 5.1 Liderazgo y Compromiso, se realiza una combinación estratégica de las categorías evaluadas para dar forma a un ciclo PHVA para el desarrollo del pilar 5.1 de la norma ISO 55001.

Esta integración conecta los hallazgos de manera coherente, prioriza lo más urgente con respecto al desempeño y transforma esas brechas en acciones con planificación, ejecución, verificación y mejora continua.

La Tabla 7. También incorpora el problema raíz de cada categoría, comprende el origen de brechas y oriente a definir acciones más precisas y efectivas.

Con este enfoque, la organización atiende sus oportunidades de mejora y construye un camino más claro y práctico para fortalecer el liderazgo y el compromiso dentro de la gestión de activos.

Tabla 7.

Síntesis de brechas y problema raíz para el desarrollo de liderazgo y compromiso

Categoría PHVA	Brechas	Problema Raíz
Dirección, Comunicación y Decisiones	Falta de claridad estratégica Liderazgo no visible Decisiones no alineadas	Falta de despliegue efectivo de liderazgo y estrategia
Recursos y Participación del personal	Falta de soporte operativo Limitada formación Operadores poco involucrados	Problema de capacidad operativa y empoderamiento
Mejora Continua	Falta de disciplina PDCA Lecciones aprendidas no sistematizadas	Cultura de mejora débil

Nota La tabla presenta la síntesis de las brechas en relación con las categorías del ciclo PHVA que vinculan con el pilar 5.1 de la ISO 55001. Cada fila muestra cómo las deficiencias en dirección, comunicación, soporte operativo, participación del personal y mejora continua se asocian con un problema raíz específico que limita el desarrollo del liderazgo y el compromiso dentro de la organización. Elaboración propia¹¹.

¹¹ En adelante todas las figuras que no tenga cita se entiende de autoría del propio autor.

Ciclo de Vida del Activo

A partir de la información de la Tabla 6. Matriz de análisis de brecha – 8.1 Ciclo de vida del activo, se desarrolla una combinación de las categorías con el propósito de integrarlas en un ciclo PHVA para fortalecer el cumplimiento de dicho pilar.

La Tabla 8. Presenta una síntesis de las brechas y problema raíz en relación a los lineamientos del pilar 8.1 de la ISO 55001.

Este agrupamiento facilita la comprensión de los factores que obstaculizan la incorporación del enfoque de costo de ciclo de vida LCC, la calidad de la información y el uso de métodos analíticos para la toma de decisiones.

Tabla 8.

Síntesis de brechas y problema raíz para el desarrollo de ciclo de vida del activo

Categoría PHVA	Brechas	Problema Raíz
Conocimiento del ciclo de vida	Ausencia de formación formal en ciclo de vida. Desconocimiento del impacto del LCC en decisiones operativas. Falta de estandarización de conceptos en la organización.	La mayoría no domina las fases ni los impactos sobre decisiones operativas.
Información operativa y retroalimentación	Datos incompletos o dispersos. Baja calidad del sistema de información. Cultura insuficiente en análisis de datos. Falta de retroalimentación sistemática entre operaciones y mantenimiento.	Datos sin usar para tomar decisiones; falta trazabilidad y análisis.
Evaluación de alternativas técnicas y de mantenimiento	No existe un método formal de evaluación (LCC, RCM, riesgo–valor). Decisiones con base en experiencia personal. Información de soporte insuficiente para comparar opciones.	No se están evaluando opciones LCC, riesgo ni desempeño.

Nota La tabla integra las principales brechas para el desarrollo del ciclo de vida del activo en categorías PHVA con su correspondiente problema raíz. Esto indica las limitaciones en formación, estandarización conceptual y comprensión del LCC y cómo afectan la calidad de las decisiones operativas, mientras que los problemas en información, trazabilidad y retroalimentación limitan la capacidad analítica de la organización. Del mismo modo, la ausencia de métodos formales para evaluar alternativas técnicas refuerza decisiones basadas en experiencia más que en desempeño. Elaboración propia¹².

¹² En adelante todas las figuras que no tenga cita se entiende de autoría del propio autor.

Indicadores de desempeño**UNE-EN 15341:2020**

La norma UNE-EN 15341:2020 agrupa KPIs en indicadores económicos, técnicos, organizativos y de HSE y los establece en distintos niveles de detalle. Los indicadores pueden seleccionarse de manera que facilite su implementación progresiva y empiece a medir el desempeño de las organizaciones (Stenström et al., 2013).

La tabla “KPI de gestión del mantenimiento” de la norma es parte necesaria para el desarrollo de planes de acción porque ofrece un marco con estructuración para evaluar la madurez de la función de mantenimiento y comprende con precisión el nivel en el que se encuentra la organización y las transformaciones para avanzar hacia instancias superiores.

Dicha tabla de KPI actúa como línea base cualitativa y cuantitativa que la función de mantenimiento usa para autoevaluarse. Una función madura mide los costes de mantenimiento y monitoriza indicadores técnicos. Esto constituye elementos clave dentro del modelo de madurez para la gestión de mantenimiento ya que identifica el estado actual y establece procesos de mejora (M. A. Oliveira & Lopes, 2020).

La tabla “KPI de las competencias para cada posición” como parte de los planes de acción, vincula el desempeño técnico de los activos con las capacidades reales de las personas que los gestionan. Asimismo, la organización define y mide KPIs por rol, tales como nivel de cualificación, certificaciones, horas de formación por año o resultados de evaluaciones de desempeño.

Diferentes estudios demuestran que los programas con una correcta formación y de autoevaluación de competencias en gestión del mantenimiento, mejoran la capacidad de los profesionales para aplicar metodologías con alto contenido tecnológico, interpretar KPIs y utilizar herramientas digitales de apoyo a la toma de decisiones (Papathanassiou et al., 2013).

La literatura científica respalda ampliamente el enfoque de la aplicación de la tabla “KPI de la ingeniería de mantenimiento” dentro de un plan de acción ya que los estos indicadores

demuestran que son fundamentales para evaluar la efectividad de las políticas de mantenimiento y para tomar decisiones con base en confiabilidad dentro de sistemas industriales complejos (Alsyouf, 2006).

La tabla “KPI de las tecnologías de la información y la comunicación” mide el grado de integración tecnológica dentro del desarrollo de un plan de acción, aspecto fundamental para la organización y la búsqueda de elevar su madurez en gestión de activos. Esto evoluciona al mantenimiento correctivo hacia modelos de toma de decisiones con base en datos (Muller et al., 2008).

Para asegurar que el ciclo PAHV responda realmente a un proceso sistemático de mejora continua y que permita evaluar la madurez, el cumplimiento y la coherencia estratégica, identifico en la Tabla 9 los indicadores a implementar:

Tabla 9. Indicadores UNE-EN 15341 para el Ciclo PHVA

Indicadores UNE-EN 15341 para el Ciclo PHVA

KPI		Definición	Características Principal
Gestión del mantenimiento	M1	Madurez de la función de mantenimiento	Identifica el nivel de evolución de la gestión actual y hacia dónde se desarrolla.
Gestión del mantenimiento	M2	Integración de la estrategia de mantenimiento en la estrategia del plan industrial	Verifica si la toma de decisiones técnicas está alineada con los objetivos del negocio.
Gestión del mantenimiento	M3	Implementación de la estrategia de mantenimiento	Aporta con una medida cuantitativa sobre el cumplimiento de las actividades con planificación.
Gestión del mantenimiento	M21	Número de actividades de mejora continua	Mide la evidencia concreta del compromiso de la organización con la mejora. Mide el esfuerzo que aplica y el impacto real con referencia a eficiencia y optimización de recursos.
Competencias por posición	P1	Competencias del gerente	Evalúa el nivel de habilidades estratégicas, técnicas y de liderazgo que posee el gerente para dirigir eficazmente la función de mantenimiento.
Competencias por posición	P7	Competencia del supervisor de mantenimiento	Mide la capacidad del supervisor para coordinar equipos, gestionar planes de trabajo y asegurar la correcta ejecución de las tareas de mantenimiento.

Competencias por posición	P18	Educación y formación continua de los técnicos de mantenimiento especialistas	Refleja el grado en que los técnicos reciben capacitación con actualizaciones que fortalece sus habilidades técnicas y su adaptación a nuevas tecnologías.
Competencias por posición	P21	Proporción de personas formadas	Indica el porcentaje del personal de mantenimiento que completa programas formativos en relación con el total del equipo.
Ingeniería de mantenimiento	E5	Tiempo medio entre fallos MTBF	Mide el intervalo promedio de funcionamiento sin interrupciones, reflejando la confiabilidad del activo.
Ingeniería de mantenimiento	E6	Tiempo medio de reparación MTTR	Indica el tiempo promedio necesario para restaurar un equipo tras un fallo, evidenciando la eficiencia del proceso de mantenimiento.
Ingeniería de mantenimiento	E15	Procedimientos estandarizados de mantenimiento	Evalúa la existencia y aplicación de instrucciones formales y uniformes que aseguran la consistencia y calidad en las intervenciones de mantenimiento.
Tecnologías de la información	ICT1	Funcionalidades del <i>software</i> instaladas	Mide el alcance y la capacidad operativa de las herramientas digitales para apoyar la gestión del mantenimiento.
Tecnologías de la información	ICT2	Integración del <i>software</i> en relación al mantenimiento en el sistema de TICs de la organización	Evalúa el grado en que las aplicaciones de mantenimiento se comunican de forma fluida con otros sistemas corporativos.
Tecnologías de la información	ICT3	Intensidad de la utilización de TIC	Indica el nivel real de uso de tecnologías digitales por parte del personal de mantenimiento en sus actividades diarias.
Tecnologías de la información	ICT5	Capacidad de los TIC para calcular el coste total del ciclo de vida	Determina si los sistemas tecnológicos pueden procesar datos suficientes para estimar y gestionar los costos asociados al ciclo de vida completo de los activos.

Nota La tabla reúne un conjunto de KPI estratégicos, operativos y humanos que evalúan de manera integral la madurez, alineación estratégica, competencias del personal y desempeño de los colaboradores. Cada indicador muestra su característica principal y el objetivo de su uso. Estos KPIs forman parte para el diseño del ciclo PHVA Elaboración propia¹³.

¹³ En adelante todas las figuras que no tenga cita se entiende de autoría del propio autor.

SMRP Best Practices 6th Edition

La selección de KPIs en este análisis provienen del marco de mejores prácticas por la *Society for Maintenance & Reliability Professionals* (SMRP), garantiza que el diseño del ciclo PHVA se sustente en métricas internacionales en alineación con los pilares fundamentales de la gestión del mantenimiento.

El KPI “Horas de entrenamiento” evidencia la formación continua y como resultado mejora en la eficiencia de procesos, reducción de desviaciones en la ejecución del mantenimiento. Este KPI monitorea el fortalecimiento del capital humano siendo uno de los pilares esenciales en la gestión de activos (Papathanassiou et al., 2013).

El KPI “Disponibilidad del activo” evalúa si las estrategias de mantenimiento están preservando correctamente la función del activo y si las intervenciones técnicas son oportunas y eficaces. Es un indicador crítico para priorizar mejoras, optimizar el ciclo de vida y reducir pérdidas operativas.

El KPI “Cumplimiento del programa de mantenimiento” es un indicador directo de la madurez en planificación y de la capacidad organizacional para gestionar recursos de manera eficiente (Garg & Deshmukh, 2006).

El KPI “Retrabajo” es crucial en un plan de acción porque permite identificar ineficiencias derivadas de intervenciones mal ejecutadas, instrucciones deficientes, falta de competencias o supervisión inadecuada. Este KPI actúa como alerta temprana para detectar problemas estructurales en la calidad del mantenimiento, permitiendo tomar decisiones correctivas más efectivas (Muchiri & Pintelon, 2008).

El KPI “Horas de mejora continua” evalúa el esfuerzo real que la organización destina a actividades de análisis, innovación y optimización de procesos. Incluir este KPI en un plan de acción asegura que las iniciativas no se limiten a correcciones específicas, sino que se integren en un marco de crecimiento y aprendizaje continuo en reducciones significativas de costos, fallas y tiempos improductivos (Bateman, 2005).

La Tabla 10. Integra todos los indicadores que selecciono del marco SMRP junto con sus características. Esta síntesis visualiza de forma el aporte de cada KPI en el diseño de planes de acción para que el ciclo PHVA sustente en métricas claras, trazables y en alineación con los objetivos estratégicos de la organización.

Tabla 10.

Indicadores SMRP para el Ciclo PHVA

Pilar	KPI	Descripción	Características Principal
Pilar 1: Organización y Liderazgo	Horas de entrenamiento	Horas de formación y retorno de la inversión en capacitación.	Indica el nivel de inversión en capacidades y competencias del personal para fortalecer el liderazgo y la ejecución del mantenimiento.
Pilar 2: Confiabilidad del equipo	Disponibilidad del activo	Porcentaje de tiempo en que el activo está disponible para operar.	Mide la capacidad del equipo para operar cuando se requiere, reflejando la efectividad de las estrategias de confiabilidad.
Pilar 3: Planificación y programación	Cumplimiento del programa de mantenimiento	Porcentaje de órdenes cumplidas según la programación.	Evalúa el grado en que las tareas planificadas se ejecutan según el cronograma establecido
Pilar 4: Eficiencia del mantenimiento	Retrabajo	Porcentaje de trabajo que debe repetirse por mala calidad.	Indica la frecuencia con la que se deben repetir tareas por fallas en la ejecución o calidad del mantenimiento.
Pilar 5: Mejoramiento continuo	Horas de Mejora Continua	Horas invertidas en actividades de mejora continua.	Representa el tiempo dedicado a iniciativas que impulsan el aprendizaje y la optimización del sistema de mantenimiento.

Nota: La presente tabla sintetiza los KPI de los pilares del SMRP, destaca su aporte específico a la gestión del mantenimiento y su relevancia para estructurar acciones dentro del ciclo PHVA, permite evaluar desempeño, disciplina operativa y oportunidades de mejora de manera integral. Elaboración propia¹⁴

¹⁴ En adelante todas las figuras que no tenga cita se entiende de autoría del propio autor.

Plan de acción para el desarrollo de Liderazgo y Compromiso

La Tabla 11. Muestra el diseño de los planes de acción que fortalece liderazgo y compromiso mediante una estructura con base en el ciclo PHVA, define objetivos, responsables y KPI de acuerdo con UNE-EN 15341 y SMRP.

Estas acciones y metas alinean a la empresa minera con los requisitos de liderazgo y compromiso de la norma ISO 55001:2024 y asegura la coherencia entre estrategia corporativa, toma de decisiones y desempeño de los activos (Kumar et al., 2013).

Tabla 11.
Plan de acción con ciclo PHVA para impulsar el desarrollo de Liderazgo y Compromiso

Categoría	Ciclo PHVA	Acción	Finalidad	Responsables	KPI	Meta	Entregable	Plazo de 6 meses
Dirección, Comunicación y Decisiones	Planificar	Diseñar un mapa estratégico de gestión de activos.	Muestra cómo se alinean los objetivos estratégicos con el plan estratégico de gestión de activos.	Gerencia Confiabilidad	M1 M2	Alto	Mapa estratégico Calendario de comunicación. Matriz RACI	Semana 1-4
		Establecer calendario de comunicación para temas clave de gestión de activos.	Cronograma con estructura que establece fechas fijas y responsables fijos para comunicar estrategias, objetivos, desempeño y decisiones del sistema de gestión de activos.					Semana 3-4
		Desarrollar un mapa de responsabilidades RACI (Responsable, Aprobador, Consultado, Informado)	Garantizar que el liderazgo, la comunicación y toma de decisiones sean concretos y se alineen con la estrategia organizacional.					Semana 2-6
	Hacer	Socialización mensual del mapa estratégico de gestión de activos.	Mantener informados a la organización en todos sus niveles jerárquicos sobre las decisiones sobre gestión de activos.	Superintendencia Supervisión	P7 E15 ICT1 ICT2 ICT3	Alcanzado 100% Alto Alto Alto	Mapa estratégico publicado	Mes 2-6 (5 sesiones mensuales)
		Presentación de Matriz RACI en reuniones mensuales	Asegurar que roles y responsabilidades se ejecutan realmente y generar disciplina organizacional.				Matriz RACI publicada Registro de asistencia	Mes 2-6 (1 vez al mes)
		Visitas de liderazgo visible en campo	Mejorar el compromiso, la retroalimentación con quienes operan los activos y reforzar cultura de gestión de activos				Evidencia fotográfica	Mes 2-6 (2 visitas mensuales)

	Verificar	Evaluación trimestral de comprensión del mapa estratégico de gestión de activos	Validar que la estrategia se entiende, se comunica de forma efectiva y se integra en la toma de decisiones.	Confiabilidad Supervisión	M1 P7 P18 P21	Alto Alcanzado Alcanzado 100%	Registro de evaluaciones	Mes 4 y mes 6 (2 evaluaciones dentro del semestre).
		Revisión trimestral del cumplimiento de la matriz RACI	Verificar que los roles y responsabilidades se cumplen, que la autoridad es efectiva y que la toma de decisiones mantiene coherencia con la estrategia del SGA.				Registro de asistencia <i>Check list</i> de cumplimiento	
	Actuar	Actualización de la Matriz RACI	Ajustar roles y responsabilidad para reforzar la gobernanza, la autoridad y la coherencia en la toma de decisiones del SGA.	Gerencia Superintendencia	M1 M3 P1 P7 P21	Alto 100% Alcanzado Alcanzado 100%	Matriz RACI con actualizaciones y aprobaciones	Mes 5–6 (ajustes posteriores a las revisiones).
		Actualización el mapa estratégico de gestión de activos y el formato de socialización de resultados	Asegurar que la información llegue de forma efectiva a todos los niveles y consolidar la alineación entre liderazgo, operación y toma de decisiones.				Mapa estratégico de gestión de activos con actualizaciones y aprobaciones	
Recursos y Participación del personal	Planificar	Crear plan anual de capacitaciones.	La organización asegura desarrollar competencias necesarias para fortalecer el liderazgo y compromiso.	Gerencia Recursos Humanos SIG	P1	Alcanzado	Aprobación del plan anual de capacitaciones	Semana 1-4
		Diseñar un programa anual de fortalecimiento operativo y TPM nivel 1 y 2	Garantizar que los colaboradores adquieran habilidades operativas que impulsen participación activa.	Gerencia Confiabilidad SIG Operaciones	M2 P1	Alto Alcanzado	Aprobación del programa anual que incluye TPM nivel 1 y 2	Semana 2-6
	Hacer	Capacitaciones mensuales	Fortalecer competencias y dar visibilidad a que el liderazgo está en atención al desarrollo continuo de los colaboradores.	Gerencia Recursos Humanos Cadena de Abastecimiento	P18 P21 Horas de entrenamiento Retrabajo	Alcanzado 100% 1 hora mensual por colaborador	Registro mensual de asistencia Aprobación de evaluaciones	Meses 2–6 (5 ciclos de capacitación)
		Inspecciones de mantenimiento autónomo	Fortalecer la participación activa y el sentido de empoderamiento de los colaboradores con el cuidado de los activos.	Supervisión Confiabilidad Operaciones	P18 P21 E15 ICT3	Alcanzado 100% 100% Alta	Formato oficial de inspección autónoma	Desde mes 2 hasta mes 6 (frecuencia mensual o quincenal)
		Actualizar semestralmente inventario de repuestos críticos	Garantizar las decisiones oportunas mediante la confiabilidad de los recursos críticos y necesarios.	Supervisión Confiabilidad Cadena de Abastecimiento	M2 M3 P7 E15	Alto 100% Alcanzado 100%	Reporte de inventario con actualizaciones Registro de asistencia	Mes 6 (primer corte semestral)

	Verificar	Evaluar trimestralmente el nivel de comprensión y ejecución del mantenimiento autónomo	Confirmar que las capacitaciones y formación fortalecen las competencias que se requiere dentro de la gestión de activos.	Confiabilidad Operaciones Recursos Humanos	P18 P21 E15 ICT3	Alcanzado 100% 100% Alta	Informe trimestral de evaluaciones a inspectores autónomos	Mes 4 y mes 6 (dos evaluaciones)
		Revisar semestralmente la rotación de los repuestos críticos	Verificar que los recursos esenciales respaldan decisiones coherentes y aseguran continuidad operativa en el sistema de gestión de activos.	Gerencia Confiabilidad Cadena de Abastecimiento	E15	100%	Informe semestral de rotación de repuestos críticos	Mes 6 (revisión semestral)
	Actuar	Actualizar el programa anual de mantenimiento que incluya inspecciones autónomas para el desarrollo del fortalecimiento operativo	Ajustar y mejorar las prácticas operativas para consolidar la participación del personal y reforzar el liderazgo en la gestión de activos.	Gerencia Confiabilidad Operaciones	M3 P1 P7 Horas de mejora continua	100% Alcanzado Alcanzando 1 hora mensual por colaborador	Versión actualizada del Programa Anual de Mantenimiento	Mes 5-6
		Actualizar programa de capacitaciones	Corregir brechas de competencia y asegurar un aprendizaje continuo que fortalezca el liderazgo y el compromiso organizacional.	Gerencia Recursos Humanos	P1	Alcanzado	Programa de capacitación actualizado, con matriz de competencias revisada	Mes 4–5 (a partir de los resultados de las evaluaciones)
		Actualizar la distribución de recursos críticos.	Optimizar la disponibilidad y asignación de recursos esenciales para respaldar decisiones estratégicas.	Gerencia Confiabilidad Cadena de Abastecimiento	M3 P1 E15	100% Alcanzado 100%	Informe de redistribución de recursos críticos, que contenga análisis de disponibilidad	Mes 5–6 (tras la revisión de rotación y desempeño)
	Mejora Continua	Planificar	Crear bases de conocimiento y/o datos de lecciones aprendidas	Supervisión Confiabilidad Ingeniería	M1 M2 P7 ICT2 ICT3 ICT5	Alto Alto Alcanzado Alto Alto Alto	Repositorio digital con bases de conocimiento y lecciones aprendidas	Mes 1- 3
			Implementar formato análisis causa raíz	Gerencia Confiabilidad	M1 M2 P7	Alto Alto Alcanzado	Formato oficial de análisis causa raíz	Mes 1-2
		Hacer	Documentar y exponer en reuniones bimensuales análisis de falla	Supervisión Confiabilidad	P7 E15	Alcanzado 100%	Registros de asistencias bimensuales de reuniones de análisis de fallas	Meses 2–6 (al menos 3 reuniones bimensuales)
			Capacitar sobre metodología causa raíz	Confiabilidad	E15 P18 P21 Horas de entrenamiento	100% Alcanzado 100% 1 hora mensual por colaborador	Registro formal de capacitación en RCA	Meses 2–4 (3 sesiones mensuales)

	Verificar	Revisar madurez del proceso de mejora continua	Identificar brechas en la cultura de mejora y ajustar estrategias para aumentar la efectividad del SGA.	Gerencia Confiabilidad	M1 M2 M3	Alto Alto 100%	Informe de evaluación de madurez del proceso de mejora continua	Mes 6 (evaluación al cierre del semestre)
		Cuantificar anualmente las acciones de mejora derivadas de procesos causa raíz	Medir el impacto real de las acciones y orientar a decisiones con base en evidencia.	Confiabilidad	M21 E15	> 36 acciones 100%	Matriz cuantitativa de acciones de mejora	Mes 6 (primer corte semestral)
	Actuar	Actualizar procedimientos estándar con lecciones y acciones aprendidas	Integrar mejoras directamente en la operación que asegure que el conocimiento se convierta en práctica sostenible.	Gerencia Supervisión	E15	100%	Procedimientos operativos con historial de cambios	Mes 5-6
		Actualizar proceso de ejecución de RCA	Optimizar metodología para asegurar investigaciones eficiencia y precisión.	Gerencia Confiabilidad	E15	100%	Flujograma actualizado del análisis causa raíz	Mes 5-6

Nota: La presente tabla orienta el desarrollo de acciones de mejora en tres dimensiones esenciales: dirección, comunicación y decisiones; recursos y participación del personal; y mejora continua. Estas categorías resultan fundamentales para impulsar el pilar 5.1 de la Norma ISO 55001:2024. El ciclo PDCA, integra de manera ordenada la planificación, la ejecución, la verificación y el ajuste, con el propósito de promover una cultura organizacional que avance de forma sostenible hacia el nivel de madurez que exige la norma. Elaboración propia15.

Plan de acción para el desarrollo del Ciclo de Vida

La propuesta de desarrollo que muestra la Tabla 12. Traduce en líneas de acción concretas sobre procesos de ciclo de vida (planificación, operación, renovación) que alinean los requerimientos de la cláusula 8.1 con relación al ciclo de vida del activo de la norma ISO 55001:2024 y con un enfoque de mejora continua (Ali, 2021).

La construcción del ciclo PHVA muestra cómo las acciones integran el proceso de gestión de activos con la toma de decisiones en consideración de equilibrar costo, riesgo y desempeño. Así como la aplicación de indicadores mixtos para el sistema de verificación.

Tabla 12.
Plan de acción con ciclo PHVA para impulsar el desarrollo de Ciclo de Vida del Activo

Categoría	Ciclo PHVA	Acción	Finalidad	Responsables	KPI	Meta	Entregable	Plazo de 6 meses
Conocimiento del ciclo de vida del activo	Planificar	Diseñar un programa formal de capacitación sobre ciclo de vida, LCC, riesgos y desempeño.	Garantizar que el personal comprenda las fases del ciclo de vida y cómo impactan en decisiones operativas.	Gerencia Recursos Humanos	M1 M2 P1 E15 Horas de mejora continua	Alto Alto Alcanzado 1 hora mensual por colaborador	Plan de capacitación, incluye contenido	Mes 1-2
		Elaborar Guía Interna del Ciclo de Vida (según UNE 60300-3-3).		Gerencia Confiabilidad			Contenido de guía interna	
	Hacer	Ejecutar talleres presenciales y virtuales para coordinadores, técnicos y operaciones.	Desarrollar capacidades prácticas con aplicación al contexto de la planta.	Gerencia Supervisión Confiabilidad	P7 P18 P21	Alcanzado Alcanzado 100%	Registros de asistencia a talleres	Mes 2-5
		Difundir material visual en planta y plataformas digitales.			ICT1 ICT3	100% Alto	Dashboard, gráficos estadísticos publicados en áreas visibles	
	Verificar	Evaluar con pruebas y análisis de escenarios LCC.	Medir la comprensión y capacidad de aplicar los conceptos en decisiones reales.	Supervisión Recursos Humanos	P18 P21	Alcanzado 100%	Calificaciones de las evaluaciones	Mes 4-6
		Auditoría del uso del LCC en decisiones reales.		Gerencia Confiabilidad	M1 M2	Alto Alto	Informe de auditoría. Análisis de brechas	
	Actuar	Ajustar contenido del programa de capacitaciones según resultados de las evaluaciones.	Corrección y fortalecimiento continuo del aprendizaje institucional.	Gerencia	P1 E15 M21	Alcanzado Alcanzado > 36	Actualización del programa de capacitación	Mes 5-6
		Incorporar el uso del ciclo de vida en decisiones formales.					Aprobación de diagramas de flujo con respecto a la toma de decisiones con base el ciclo de vida	

Información operativa y retroalimentación	Planificar	Crear formato LCC con variables críticas (fallas, costo, riesgo, modo de falla).	Estandarizar una herramienta para comparar alternativas técnicas.	Gerencia Confiabilidad Supervisión	M2 P1 P7 E15	Alto Alcanzado Alcanzado Alcanzado	Aprobación del formato oficial	Mes 1-2
		Estandarizar procesos de recolección y validación de datos.	Asegurar que la información para el uso en el análisis LCC sea confiable y precisa.				Aprobación del procedimiento	
		Diseñar mecanismo de retroalimentación semanal.	Mantener un flujo continuo de información para actualizar criterios y alimentar oportunamente los modelos LCC para toma de decisiones				Definición del mecanismo de retroalimentación	
	Hacer	Registrar datos de variables críticas semanalmente.	Garantizar que los datos disponibilidad de datos reflejen el estado real del activo para evaluar tendencias, costos y riesgos del ciclo de vida.	Supervisión Confiabilidad	P18 P21 E15 ICT1 ICT2	Alcanzado 100% Alcanzado 100% Alto	Registro de datos en formato LCC	Mes 2-5
		Capacitar sobre registro correcto de fallas y costos.	Asegurar que el personal registre información de manera completa y precisa.				Registro de asistencia	
		Publicar <i>dashboards</i> o gráficas estadísticas sobre los resultados operativos.	Visualizar el comportamiento de los activos para identificar oportunidades de mejora.				Publicación de <i>dashboards</i>	
	Verificar	Auditorías trimestrales sobre la calidad de registro de datos.	Verificar la trazabilidad de los datos que alimentan el análisis LCC y los indicadores del ciclo de vida	Gerencia	M1 M2 M3	Alto Alto 100%	Reporte de resultados de auditorías con análisis de brechas	Mes 4-6
		Verificar uso del formato LCC en toma de decisiones.	Confirmar que las decisiones de mantenimiento, renovación o reemplazo se apoyan en análisis cuantitativos formales				Check list de verificación de parámetros de uso del formato LCC	

	Actuar	Ajustar el formato LCC según hallazgos.	Mejorar la herramienta para y aumentar su utilidad para la toma de decisiones.	Gerencia Confiabilidad TICs	M1 M2 E15 ICT1 ICT2 ICT3 ICT5	Alto Alto Alcanzado 100% Alto Alto Alto	Corrección del formato LCC	Mes 5-6
		Corregir fallas en el sistema de información.	Eliminar en los datos que afecten el análisis técnico–económico del ciclo de vida.				Informes técnicos de TICs	
		Añadir alertas automáticas para variables críticas.	Permitir respuestas rápidas ante desviaciones y gestionar riesgos.					
Evaluación de alternativas técnicas y de mantenimiento	Planificar	Crear una política formal del ciclo de vida del activo con bases en la norma ISO 55001:2024 y UNE-EN 60300-3-3.	Establecer qué principios gobiernan la política: costo-riesgo-desempeño, toma de decisiones informada, LCC, información del activo.	Gerencia Confiabilidad	M2 P1 E15	Alto Alcanzado Alcanzado	Aprobación de política formal	Mes 1-2
		Definir los principios de gestión del ciclo de vida conforme ISO 55001 y UNE-EN 60300-3-3.					Procedimiento de ciclo de vida	
		Establecer criterios para evaluación de alternativas (LCC, riesgo, impacto operacional).	Asegurar decisiones técnicas coherentes con el enfoque de ciclo de vida.	Gerencia Supervisión Confiabilidad Ingeniería	M1 M2 E15 Horas de mejora continua	Alto Alto Alcanzado 1 hora mensual por colaborador	Matriz de criterios	Mes 1-2
		Seleccionar la metodología adecuada (LCC, FMEA/FMECA, árboles de decisión).	Elegir el mejor método para cada tipo de decisión, en consideración de aplicar en un activo piloto.				Metodología seleccionada	
		Seleccionar activos pilotos.					Activos piloto documentados Formato LCC Mapa de datos requeridos	
	Hacer	Implementar la política de ciclo de vida en el sistema de gestión.	Definir la guía de gestión integral de activos desde el diseño hasta su disposición final.	Gerencia Sistema de Gestión	M1 M2 M3 P1 Retrabajo Disponibilidad	Alto Alto 100% Alcanzado 4% 95%	Política de ciclo de vida	Mes 2-5

		Capacitar al personal en LCC, evaluación de alternativas y metodologías seleccionadas.	Desarrollar las competencias técnicas del personal para aplicar y sustentar decisiones con base en costo del ciclo de vida, riesgo y desempeño	Confiabilidad Recursos Humanos	P18 P21 Horas de entrenamiento	Alcanzado 100% 1 hora mensual por colaborador	Registros de capacitación	
		Ejecutar levantamiento de datos de los activos piloto y aplicar la metodología (LCC, FMEA/FMECA, árboles de decisión).	Obtener información confiable y suficiente para realizar evaluaciones técnicas y económicas reales sobre activos críticos, para así comprar alternativas de mantenimiento, renovación o adquisición.	Supervisión Confiabilidad Ingeniería	M1 M2 Horas de mejora continua	Alto Alto 1 hora mensual por colaborador	Base de datos histórica Cálculos LCC Matriz multicriterio Informe de alternativas	
	Verificar	Auditar calidad de datos.	Validar la exactitud y consistencia de los datos que alimentan los modelos LCC, FMEA y otras metodologías de evaluación.	Gerencia Confiabilidad	M1 M2	Alto Alto	Informe de auditoría	Mes 4-6
		Verificar consistencia de cálculos LCC y comparativos.	Confirmar que los análisis de costo del ciclo de vida se realizan según criterios con fundamentación y garanticen la estandarización del proceso.		ICT5 Disponibilidad	Alto 95%	Informe de conformidad <i>Dashboard</i> de desempeño	
		Validar criterios de evaluación con expertos.	Evaluar si los métodos elegidos (LCC, AHP, FMEA/FMECA o árboles de decisión) generan conclusiones coherentes y útiles para la toma de decisiones.		M1 M2	Alto Alto		
		Comparar resultados con metas de desempeño (costos, riesgo, disponibilidad).	Evaluar el desempeño real del activo respecto a los objetivos, identifica desviaciones relevantes.		E5 E6 Disponibilidad	900 horas 4 horas 95%		

	Actuar	Ajustar política de ciclo de vida según hallazgos.	Garantizar que la política de ciclo de vida evolucione con base en evidencias, integrando mejoras.	Gerencia	M2 P1 E15 E5 E6 Retrabajos Disponibilidad	Alto Alcanzado Alcanzado 900 horas 4 horas 4% 95%	Nueva versión de la política de ciclo de vida	Mes 5-6
		Optimizar criterios de evaluación de alternativas.	Refinar los parámetros técnicos, económicos y de riesgo utilizados en la comparación de opciones.	Gerencia Confiabilidad			Nueva versión del procedimiento de ciclo de vida que incluye metodologías	
		Actualizar formato LCC y metodologías.	Mantener vigentes los métodos y herramientas de análisis de costos del ciclo de vida para reflejar aprendizajes.	Supervisión Confiabilidad				
		Integrar las mejores alternativas en el plan anual de activos.	Incorporar en la planificación anual las opciones técnicas que demuestren mejor desempeño en costo, riesgo y sostenibilidad.	Gerencia			Plan anual de activos	

Nota. La presente tabla integra estructuralmente las acciones propuestas para cada fase del ciclo PDCA, con los requerimientos del numeral 8.1 de la ISO 55001 y los principios de la gestión del ciclo de vida del activo. Cada acción relaciona indicadores de la UNE-EN 15341 y la SMRP, así como con roles específicos dentro de la organización, garantiza coherencia metodológica, trazabilidad y un enfoque con orientación al desarrollo progresivo de la madurez en gestión de activos. Elaboración propia16.

Conclusiones del objetivo 5

La selección de la metodología del ciclo Planificar, Hacer, Verificar y Actuar es esencial para la estructuración de las actividades del plan de acción y alineación con la norma ISO 55001 con sus pilares de Liderazgo y Ciclo de Vida del Activo. La iteración en sí del ciclo PHVA permite integrar diagnósticos, ejecución, verificación y ajustes dentro de un marco dinámico complejo operativo en la empresa minera. Se destaca la coherencia, comprensión y medición de las acciones que el ciclo PHVA permite establecer.

La agrupación de las categorías resultantes de la herramienta de investigación, permite estructurar de manera comprensible las diferentes acciones dentro del ciclo PHVA y abarca los lineamientos establecidos en los requisitos 5.1 Liderazgo y 8.1 Ciclo de Vida de la norma ISO 55001.

La selección de indicadores como la gestión del mantenimiento, competencias por posición, ingeniería de mantenimiento y tecnologías de la información permiten evaluar de manera cuantitativa y cualitativa la efectividad de las acciones propuestas. La UNE-EN 15341 aporta un marco sistemático que facilita la medición precisa del impacto de liderazgo y del control del ciclo de vida del activo.

La utilización de indicadores de la *SMRP Best Practices* como horas de entrenamiento, disponibilidad, retrabajo, horas de mejora continua propone un enfoque práctico y con orientación a resultados. Esta alineación de indicadores tiene una visión en integrar ejecución, confiabilidad y sostenibilidad operativa y así, vincular directamente el liderazgo y el desempeño del activo con los objetivos estratégicos de la empresa minera.

Los resultados de la herramienta de investigación y las referencias normativas, desarrollan un plan de acción robusto, adaptable y con alineación a expectativas de valor, riesgo y desempeño que exige la norma ISO 55001. Esta combinación fortalece la gobernanza técnica del mantenimiento y facilita la integración entre prácticas de confiabilidad, desarrollo de competencias, gestión de la información y administración del ciclo de vida del activo.

El plan de acción para el desarrollo de Liderazgo y Ciclo de Vida del Activo cumple con los requisitos normativos e impulsa una cultura organizacional más participativa, responsable y con enfoque en resultados.

La claridad de roles, la definición de metas y el uso de evidencias fortalecen el liderazgo técnico en todos los niveles y permite a los colaboradores comprender la importancia del ciclo de vida de los activos para que contribuyan activamente en su mejora. Esto significa un avance significativo hacia un mayor nivel de madurez organizacional y desempeño sostenible en la empresa minera.

Objetivo 6 – Conclusiones

Lograr la integración normativa, metodológica y organizacional para la propuesta de los planes de acción en cumplimiento a los pilares de Liderazgo y Ciclo de Vida del Activo de la Norma ISO 55001 en una empresa minera.

El diagnóstico de madurez con alineación a la norma ISO 55001 evidencia que la Planta de Procesos de una empresa minera tiene un nivel de entendimiento, en el cual la organización reconocer la importancia de la gestión de activos, pero carece de procesos sistemáticos y sostenibles, con mayor criticidad y urgencia, los elementos de Liderazgo y Compromiso, y Ciclo de Vida del Activo. Estos hallazgos son el punto de partida para diseñar acciones que fortalezcan la madurez de la organización y la coherencia entre la visión estratégica y la realidad operativa.

En coherencia con el diagnóstico inicial de madurez de la empresa minera, el objetivo específico dos confirma que el liderazgo efectivo y la planificación operativa son la base cultural sobre la cual una gestión de activos se sostiene. Cuando los altos mandos de la organización integran metodologías de liderazgo y planificación con el plan estratégico, fortalecen la disciplina operativa, potencia la gestión del ciclo de vida del activo y transforman esas estrategias en acciones concretas.

En continuidad con la necesidad de fortalecer el liderazgo y ciclo de vida del activo, el tercer objetivo específico diseña el instrumento de investigación que es la recopilación metodológica de información a partir de un marco normativo que incluye lineamientos de la ISO 55001:2024, UNE-EN 60300-3-3 y la metodología TPM. La selección de una escala de Likert de cuatro puntos asegura respuestas con definición y son una base sólida para la formulación de planes de acción. Los resultados del instrumento de medición son el insumo principal para describir el análisis situacional de la organización con respecto a los pilares de liderazgo y ciclo de vida.

Con base en los resultados de las encuestas, el análisis situacional de los pilares 5.1 Liderazgo y 8.1 Ciclo de Vida del Activo constatan un nivel medio y débil en la empresa minera. En el pilar 5.1, gran parte del personal no conoce la política ni los objetivos estratégicos de la gestión de activo, lo que evidencia incoherencia entre la operación diaria y estrategias, limitaciones en capacidades de toma de decisión y afectación en el logro de indicadores de confiabilidad. Por otro lado, los resultados del pilar 8.1 revela la ausencia de una estructura para gestionar el ciclo de vida completo del activo, con brechas en evaluación de alternativas y aplicaciones del análisis del ciclo de vida, lo que significa que la empresa minera mantiene un enfoque reactivo. Las Tablas 5 y 6 de brechas, evidencian las debilidades y precisan áreas críticas de intervención (robustecer comunicación estratégica, definir roles y responsabilidades, establecer procesos de monitoreo formal e integración del LCC) que, con el desarrollo de un plan de acción sólido y sistemático, impulsan su desarrollo y fortalecimiento de un nivel de madurez intermedio a un modelo de gestión de activos con lineamientos normativos internacionales.

Con la identificación de brechas sobre los pilares 5.1 y 8.1 que muestran las Tablas 5 y 6, y la selección de la metodología del ciclo Planificar, Hacer, Verificar y Actuar (PHVA) se consolida el eje del plan de acción, esto integra de manera sistemática el diagnóstico, la ejecución, el seguimiento y los ajustes en coherencia con la ISO 55001. Asimismo, usa las categorías de las Tabla 7 y 8 como el insumo para la construcción de acciones concretas dentro de las fases del ciclo PHVA. La incorporación de indicadores de la UNE-EN 15341 y de las SMRP *Best Practices* evalúa cuantitativa y cualitativamente la efectividad del plan, y alinea el liderazgo, confiabilidad y desempeño de los activos con los objetivos estratégicos.

En conjunto, este enfoque fortalece la gobernanza técnica del mantenimiento, impulsa una cultura más participativa y representa un avance hacia mayores niveles de madurez organizacional y desempeño sostenible en la empresa minera.

Descripción de cómo se alcanza el logro de los objetivos

UNO – Conocimiento

Para alcanzar el objetivo uno, la revisión y análisis exhaustiva a partir de un informe confidencial del diagnóstico de madurez en gestión de activos de una empresa minera permite la recopilación de la información existente sobre los procesos que sostienen la operación y evidencia las fortalezas y debilidades de la organización.

Con este análisis, los elementos de Liderazgo y Ciclo de Vida del Activo son los más débiles y críticos de intervención. Asimismo, la organización posee un nivel de madurez de nivel “entendimiento” que evidencia procesos sueltos y una gestión del ciclo de vida insuficiente.

Estos resultados verifican, con hechos, el cumplimiento del primer objetivo al caracterizar el estado inicial de la gestión de activos y definir los focos críticos de mejora.

DOS – Comprensión

Al realizar estudios mediante una búsqueda profunda de literatura en relación con gobernanza, asignación de roles, planeación de riesgos y control operativo con base en los lineamientos de los pilares 5.1 y 8.1 de la Norma ISO 55001, compara los diferentes modelos de gestión e identifica beneficios potenciales sobre la presente investigación.

Se alinea el estudio con la estrategia mediante un esquema de análisis de liderazgo y planificación, en consideración las referencias de los hallazgos teóricos y prácticos.

Demostrar con estos hechos el logro del objetivo dos al vincular la teoría con la práctica para fortalecer el enfoque de liderazgo, planificación y control operativo en la gestión de activos.

TRES – Aplicación

Para alcanzar el objetivo 3, la selección de estándares de soporte y la comparación de los pilares de la Norma ISO 55001, UNE-EN 60300-3-3 y la metodología de Mantenimiento

Productivo Total, esquematiza preguntas que evalúan el liderazgo y ciclo de vida del activo para la presente investigación.

El diseño del instrumento tipo cuestionario, con un banco de preguntas para cada pilar y con una escala tipo Likert, mide con precisión el nivel de desarrollo del liderazgo y el compromiso organizacional, asegura claridad, relevancia y alineación con los requisitos normativos.

La formulación de cada pregunta demuestra con hechos el logro del objetivo tres al disponer de una herramienta con estructuración y en coherencia para evaluar el estado del liderazgo y del ciclo de vida del activo en la empresa minera.

CUATRO – Análisis

Análisis de datos: categoriza los resultados en función de las dimensiones de los pilares de liderazgo y control operativo y realiza un análisis descriptivo y porcentual para identificar tendencias.

Identificación de brechas: el modelo de estudio cualitativo establece el grado de brecha de la empresa con respecto a los pilares de liderazgo y ciclo de vida.

Como hechos alcanzados, identificar el nivel de desarrollo de cada categoría dentro de los pilares de liderazgo y ciclo de vida, determina su grado de avance en función de los resultados y de los criterios de la investigación.

Elabora, a partir de esta información, una matriz de análisis de brechas para cada pilar, y visualiza de manera sistemática la diferencia entre la situación actual y el estado esperado.

Integrar ambos resultados dispone de una base sólida que sustenta la priorización de acciones de mejora para liderazgo y ciclo de vida.

CINCO – Síntesis

La integración de brechas en el modelo del ciclo PHVA, junto con los indicadores de la UNE-EN 15341 y la SMRP *Best Practices* asegura la alineación con las mejores prácticas de gestión de activos.

Categorizar el problema raíz para cada brecha, orienta las acciones correctivas y preventivas hacia las causas fundamentales y no solo hacia los síntomas.

Identificar indicadores específicos para cada pilar, evalúa de manera cuantitativa y cualitativa el avance en liderazgo y ciclo de vida.

Elaborar planes de acción sistemático en las fases de Planificación, Hacer, Verificar y Actuar, asegura que cada actividad sea operable, verificable y coherente con la estrategia organizacional.

De este modo, demostrar con hechos el logro del objetivo 5 al consolidar un plan integral de mejora continua que fortalece la cultura de gestión de activos y facilita la evaluación de resultados mediante indicadores con estándares.

SEIS – Conclusiones

Síntesis de los hallazgos: consolidación de brechas críticas y las correlaciones entre liderazgo y ciclo de vida con el desempeño operativo,

Propuestas de planes de acción concretos: difusión de los planes de acción con la alta directiva para considerar en la planificación anual de la empresa minera.

Respaldar la toma de decisiones estratégicas y evidenciar la viabilidad de implementar mejoras en gestión de activos.

Resultados más relevantes

Resultados del proceso de diagnóstico de la empresa minera

Como parte de los resultados más relevantes está la Tabla 2. Elementos con menor calificación del proceso de diagnóstico, que aplica una entidad extranjera al área de mantenimiento, en el contexto de la creación de dos independientes: Gerencias de Mantenimiento y Gerencia de Operaciones en la Planta de Procesos en una empresa minera.

Esta tabla sintetiza los elementos con menor calificación del sistema de gestión de activos, cada uno de ellos agrupan un nivel: estratégico, táctico y operativo.

Con mayor relevancia y en carácter de críticos, los elementos de Liderazgo y Compromiso (2,0) y Ciclo de Vida del Activo (1,8) evidencian la debilidad organizacional con respecto a la gestión integral de los activos y son las áreas que requieren mayor atención y fortalecimiento para llevar a la organización hacia un sistema de gestión de activos más maduro y en alineación con estándares internacionales.

Beneficios del desarrollo de Liderazgo, Planificación y Control Operativo

Consolidar el desarrollo del pilar de Liderazgo permite una mayor coherencia organizacional e integra efectivamente la gestión de activo en la estrategia de la empresa. Cuando parte, desde la alta dirección, un rol activo, una comunicación clara y efectiva, y una alineación entre objetivos corporativos con los de mantenimiento y confiabilidad, da como resultado el fortalecimiento de la asignación de recursos, consolidación de prácticas de mejora continua e incremento en la sostenibilidad operativa de los procesos (Woodhouse, 2018).

Por otro lado, los resultados del desarrollo de la planificación y control operativo, refleja en la organización una mejor disponibilidad de equipos, reducción de costos y control de riesgos a lo largo de toda la vida útil del activo. Una planificación sistemática, vincula la estrategia corporativa con tareas diarias, optimización de recursos y mejor indicadores de desempeño.

La aplicación con estructura del ciclo de vida fortalece la resiliencia técnica de la planta, sostiene la continuidad operativa y contribuye a la sostenibilidad a largo plazo.

Diseño de la herramienta de investigación

Un resultado muy relevante para cumplir con el propósito de la investigación es el diseño del instrumento de investigación tipo encuesta. El objetivo es recopilar de manera sistemática información sobre el nivel de desarrollo e implementación de los pilares 5.1 Liderazgo y Ciclo de Vida del Activo en la empresa minera.

Ambas encuestas son de preguntas cerradas con respuestas en relación a una escala de Likert de 4 puntos: “Muy de acuerdo, Poco de acuerdo, En desacuerdo, Muy en desacuerdo”.

A continuación, detallo cada una de las preguntas que forman parte de la encuesta:

Liderazgo y Compromiso

La Tabla 13 detalla cada una de las preguntas que integran la encuesta, indica además los literales de la Norma ISO 55001:2024 a los cuales responde cada formulación.

Tabla 13.

Resultado del diseño de encuesta para recopilación de información de Liderazgo y Compromiso

Categoría de Análisis	Pregunta de la encuesta	Literal Pilar 5.1 (ISO 55001:2024) que responde
Liderazgo como factor de éxito del sistema de gestión.	<i>El éxito del sistema de gestión en nuestra área depende en gran medida de la orientación, ejemplo y dirección que ejerce el líder sobre el personal.</i>	a), e), h)
Conocimiento de los objetivos estratégicos y comprensión de la política de gestión de activos	<i>Conozco los objetivos estratégicos de la organización.</i>	b), c), f)
	<i>Conozco la política de gestión de activos de la empresa y entiendo su propósito dentro de las operaciones diarias.</i>	
Conocimiento y comprensión de la política de gestión de activos	<i>Usted cuenta con todos los recursos necesarios (herramientas, información, equipos y tiempo) para realizar adecuadamente sus actividades.</i>	d), h)

Promoción de la mejora continua por parte del liderazgo	<i>En su área se identifican y desarrollan procesos de oportunidades de mejora.</i>	f), g), i)
Reconocimiento al aporte de los colaboradores	<i>Los colaboradores contribuyen con una alta participación activa para el cuidado y desempeño de los activos de su área.</i>	h), i)
Criterios claros para la toma de decisiones que se alineen a la organización	<i>Los criterios y toma de decisiones sobre los activos están alineados con los objetivos de la organización y se reflejan en alta disponibilidad.</i>	c), g)
Espacios para compartir mejoras y buenas prácticas	<i>El liderazgo de mi área promueve y facilita espacios donde se comparten mejoras, lecciones aprendidas y buenas prácticas relacionadas con los equipos.</i>	h), i)
Presencia activa del líder en campo	<i>Mi líder participa activamente en actividades de campo para identificar problemas y apoyar la solución junto con el equipo.</i>	a), e), h)

Nota: La presente tabla presenta las preguntas finales del diseño del instrumento de encuesta para recopilar información sobre el nivel de desarrollo e implementación del pilar de Liderazgo y Compromiso en la empresa minera. Asimismo, la columna Categoría indica el ámbito que abarca cada pregunta, mientras que la columna correspondiente al numeral de la Norma ISO 55001:2024 especifica a qué requisito responde cada formulación y así garantizar la alineación directa con el marco normativo. Elaboración propia¹⁷.

Ciclo de Vida del Activo

La Tabla 14 detalla cada una de las preguntas que integran la encuesta, indica además los literales de la Norma ISO 55001:2024 a los cuales responde cada formulación.

Tabla 14.

Resultado del diseño de encuesta para recopilación de información de Ciclo de Vida del Activo

Categoría de Análisis	Pregunta de la encuesta	Literal Pilar 8.1 (ISO 55001:2024) que responde
Comprensión del ciclo de vida y su planificación	<i>Conozco las fases del ciclo de vida de los activos con los cuales trabajo (adquisición, operación, mantenimiento y retiro), y entiendo su importancia en la toma de decisiones diarias.</i>	a), b)
Aplicación de criterios y procedimientos en el control operativo	<i>Durante la ejecución de actividades de operación y mantenimiento, los procedimientos que se aplican son claros y se cumplen de manera consistente.</i>	b), c), e)
Uso de datos para la toma de decisiones y retroalimentación	<i>La información registrada sobre fallas, costos y desempeño de los activos se utiliza para ajustar planes de mantenimiento y mejorar resultados operativos.</i>	c), d)

Revisión periódica y mejora continua del ciclo de vida	<i>En mi área se revisan periódicamente los resultados operativos del activo para identificar mejoras y ajustar estrategias durante su ciclo de vida.</i>	c), d), e)
Evaluación de alternativas de diseño, operación o mantenimiento	<i>En mi área se evalúan distintas alternativas técnicas u operativas antes de tomar decisiones sobre el mantenimiento o intervención de un activo.</i>	c), e)
Definición de tareas, roles y responsabilidades para el control operativo	<i>En mi área están claramente definidos los roles, responsabilidades y tareas relacionadas con la operación y el mantenimiento de los activos.</i>	a), d)
Identificación de parámetros financieros relevantes	<i>En mi área se consideran parámetros financieros como vida útil, tasas de descuento, costos futuros y riesgos económicos en la toma de decisiones sobre activos.</i>	d), e)
Definición de la estructura de desglose de costos	<i>En la organización existe una estructura clara para desglosar los costos asociados a los activos (adquisición, operación, mantenimiento, fin de vida), y se utiliza para analizar su comportamiento.</i>	b), c), d)
Implementación de análisis LCC y de sensibilidad	<i>En mi área se realizan análisis de costo del ciclo de vida (LCC) o comparaciones de escenarios para evaluar diferentes decisiones operativas o de mantenimiento.</i>	a), b), e)

Nota: La presente tabla presenta las preguntas finales del diseño del instrumento de encuesta para recopilar información sobre el nivel de desarrollo e implementación del pilar de Ciclo de Vida del Activo en la empresa minera. Asimismo, la columna Categoría indica el ámbito que abarca cada pregunta, mientras que la columna correspondiente al numeral de la Norma ISO 55001:2024 especifica a qué requisito responde cada formulación y así garantizar la alineación directa con el marco normativo. Elaboración propia18.

Resultados del estado actual sobre Liderazgo y Ciclo de Vida

La Figura 7 detalla la muestra poblacional no probabilística que participa en las dos encuestas con 31 personas. Esta composición propone una visión integral del desarrollo e implementación de los requerimientos 5.1 y 8.1 de la Norma ISO 55001, considera tanto la perspectiva estratégica como la operativa de la empresa minera.

La Figura 8 constituye uno de los resultados más relevante de la investigación, ya que representa el nivel de desarrollo del pilar 5.1 – Liderazgo y Compromiso en la empresa minera.

El diagrama tipo radar integra los valores promedios resultantes de la encuesta para cada categoría de análisis y compara con los rangos cualitativos de débil, medio y fuerte.

Esta visualización valora cómo se percibe el liderazgo en relación con los requisitos de la Norma ISO 55001:2024 y facilita la identificación de brechas y fortalezas que orientan las acciones de mejora en la gestión de activos.

La Figura 9 representa cómo está la empresa minera en relación con el Pilar 8.1 – Ciclo de Vida del Activo y es uno de los resultados más significativos del estudio.

El diagrama tipo radar resume el promedio de las respuestas de la encuesta y lo compara con tres niveles de referencia (débil, medio y fuerte) en distintas dimensiones.

Visto en conjunto, el gráfico detalla qué aspectos la organización muestra avances y en cuáles aún predominan niveles de desarrollo débiles o intermedios. De esta forma, no solo cuantifica el grado de implementación del enfoque de ciclo de vida, sino que ayuda a la empresa a reconocer con mayor claridad sus brechas, orientando de manera práctica dónde conviene priorizar los esfuerzos en los próximos planes de acción.

Planes de acción para impulsar el Liderazgo y Ciclo de Vida

El plan de acción que destaca la Tabla 11 es uno de los resultados centrales del objetivo principal de la investigación, porque traduce las brechas en acciones concretas para impulsar el desarrollo de Liderazgo y Compromiso.

La aplicación del ciclo PHVA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar) en las tres categorías que menciona la Tabla 11: Dirección, Comunicación y Decisiones; Recursos y Participación del personal; y Mejora Continua; estructura cada acción con relación a cada fase.

De este modo, cada iniciativa tiene una finalidad, indicadores de desempeño y entregables específicos, asegura que el ciclo de mejora continua concluya y que las lecciones aprendidas retroalimenten la gestión de activos y el liderazgo en planta.

En la Tabla 11 destacan como responsables más recurrentes el área de Confiabilidad, a continuación de Gerencia y Supervisión, lo que evidencia el rol protagónico de estos niveles en la implementación del plan, con el apoyo de áreas como Recursos Humanos, Operaciones y Cadena de Abastecimiento.

Entre los KPI más relevantes están: E15, P7, M1, M2, P21, P1, P18 y M3, indicadores con relación al desempeño, la planificación y la eficacia del mantenimiento, en coherencia normativa de la UNE-EN 15341 y de las SMRP Best Practices.

En conjunto, la Tabla 11 consolida una hoja de ruta que integra responsables, métricas y acciones, con visión a guiar a la organización desde su situación actual hacia un nivel de madurez superior en gestión de activos.

El plan de acción de la Tabla 12 en relación al ciclo PHVA para el Pilar 8.1 – Ciclo de Vida del Activo es uno de los resultados más importantes de la investigación, ya que materializa el objetivo principal de proponer estrategias concretas para impulsar el desarrollo del enfoque de ciclo de vida en la empresa minera.

La Tabla 12 organiza de forma sistemática qué hacer, con qué finalidad, cómo medir y qué entregables generar, y conecta las brechas del análisis situacional con la implementación práctica en la empresa minera.

En la Tabla 12 los responsables más recurrentes: Gerencia, Confiabilidad y Supervisión, y refleja el rol protagónico de estos niveles en la ejecución del plan, con el apoyo de áreas como Recursos Humanos, Ingeniería, TICs y el Sistema de Gestión.

Entre los KPI que sobresalen de la Tabla 12 son: M2, M1, E15, P1, P18, P21, la disponibilidad y las horas de mejora continua, indicadores en relación al desempeño, la planificación y la eficacia del mantenimiento, seleccionados a partir de la revisión de la UNE-EN 15341 y las SMRP *Best Practices*.

Referencias

- Ali, H. (2021). The Strategic Implementation Asset Management System Basis ISO 55000: A Case Study on Indonesian Railways Company. *Journal of Business Management Review*, 2(3), 226–244. <https://doi.org/10.47153/jbmr23.1022021>
- Alsyouf, I. (2006). Measuring maintenance performance using a balanced scorecard approach. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 12(2). <https://doi.org/10.1108/13552510610667165>
- Alvarado, U. (2022). A Maturity Model Proposal for Industrial Maintenance and Its Application to the Railway Sector. *Applied Sciences*, 12(16), 8229. <https://doi.org/10.3390/app12168229>
- Amadi-Echendu, J. E. (2010). Managing physical assets is a paradigm shift from maintenance. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 180–188.
- Aranoglu, F. (2024). A Systems Engineering Approach to Decarbonizing Mining: Analyzing Electrification and CO2 Emission Reduction Scenarios for Copper Mining Haulage Systems. *Sustainability*, 16(14), 6232. <https://doi.org/10.3390/su16146232>
- Ausenco. (2024). *Asset Optimization. Diagnóstico en Gestión de Activos*.
- Baque Mite, L. A., & Mera Chinga, L. E. (2020). *Propuesta de un sistema de gestión de activos físicos según norma ISO 55001:2014 en la extractora agrooleaginosas, Los Ríos OLEORIOS S.A que aumente el ciclo de vida y valor de los activos*.
- Bateman, N. (2005). Sustainability: The elusive element of process improvement. *International Journal of Operations and Production Management*, 25(3). <https://doi.org/10.1108/01443570510581862>
- Benítez Valenzuela, C. I. (2018). *Planificación y gestión de mantenimiento de activos desde una perspectiva de gestión integrada de la cadena de suministros, minera Centinela*. Universidad Técnica Federico.

- Campos-López, O., Tolentino-Eslava, G., Toledo-Velázquez, M., & Tolentino-Eslava, R. (2019). Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, bases de datos y criticidad de efectos. *Científica*, 23(1).
<https://doi.org/10.46842/ipn.cien.v23n1a06>
- Capela, M. (2020). ISO 55001 Certification at EPAL – the pains and the gains. *Water Practice and Technology*, 15(2), 321–326. <https://doi.org/10.2166/wpt.2020.015>
- Carvajal Moncada, A. (2022). *Hoja de ruta para la implementación de gestión de activos físicos en una planta de manufactura de tablero aglomerado*. Universidad de Antioquia.
- Castrejon Martínez, U., & Leal Calua, C. A. (2023). *Aplicación de mejora continua en la gestión del planeamiento operativo minero y su influencia en el beneficio económico de la Minera Tantahuatay*. Universidad Privada del Norte.
- CELEC EP. (2023, July 23). *CELEC EP implementa proyecto para la mejora de su gestión de activos*.
- Cerezo, M., & Lissette, I. (2021). *Universidad Técnica Estatal De Quevedo Facultad Ciencias De La Ingeniería*.
- Chemweno, P. (2015). Asset maintenance maturity model: structured guide to maintenance process maturity. *International Journal of Strategic Engineering Asset Management*, 2(2), 119. <https://doi.org/10.1504/IJSEAM.2015.070621>
- Chevane, A., Çitaku, F., Violato, C., Khan, Y. H., Zillioux, D., Çitaku, L. P., & Waldrop, M. (2017). Effective Leadership Style in Extractive Industry: A Case Study of Emerging Companies in Mozambique. *Open Science Journal*, 2(4).
<https://doi.org/10.23954/osj.v2i4.1285>
- Chinchayan Huaman, J. V., & Guillen Villanueva, H. R. (2021). *Aplicación de mejora continua en la gestión del planeamiento operativo minero en una mina ubicada en Vijus, Pataz, La Libertad*. Universidad Privada del Norte.

- Claudio Guidi. (2020). *Gestión de Activos – PAS 55 / ISO 55000*.
- da Silva, R. F. (2022). Modeling a maintenance management framework for asset management based on ISO 55000 series guidelines. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 28(4). <https://doi.org/10.1108/JQME-08-2020-0082>
- de-Almeida-e-Pais, J. E., Raposo, H. D. N., Farinha, J. T., Cardoso, A. J. M., Lyubchik, S., & Lyubchik, S. (2023). Measuring the Performance of a Strategic Asset Management Plan through a Balanced Scorecard. *Sustainability*, 15(22), 15697. <https://doi.org/10.3390/su152215697>
- Díaz Reza, J. R. (2018). The Role of Managerial Commitment and TPM Implementation Strategies in Productivity Benefits. *Applied Sciences*, 8(7), 1153. <https://doi.org/10.3390/app8071153>
- Díaz-Reza, J. R. (2018). The Role of Managerial Commitment and TPM Implementation Strategies in Productivity Benefits. *Applied Sciences*, 8(7), 1153. <https://doi.org/10.3390/app8071153>
- Ermini, B. (2024). Suburban fertility and the role of local contexts in a Mediterranean country: A spatial exercise. *Socio-Economic Planning Sciences*, 91, 101793. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2023.101793>
- Errandonea, I. (2022). A Maturity Model Proposal for Industrial Maintenance and Its Application to the Railway Sector. *Applied Sciences*, 12(16), 8229. <https://doi.org/10.3390/app12168229>
- Esteban Hidalgo. (2023). *Propuesta de diseño de una guía de procesos para la pequeña minería en el Ecuador basada en los principios de la economía circular*.
- Garg, A., & Deshmukh, S. G. (2006). Maintenance management: Literature review and directions. In *Journal of Quality in Maintenance Engineering* (Vol. 12, Issue 3). <https://doi.org/10.1108/13552510610685075>

- Gonzalez, M. K. (2025). Enhancing reliability in advanced manufacturing systems: A methodology for the assessment of detection and monitoring techniques. *Journal of Manufacturing Systems*, 79, 318–333. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2025.01.015>
- Gransberg, D. (2010). Life Cycle Costing for Engineers. *Construction Management and Economics*, 28(10). <https://doi.org/10.1080/01446193.2010.508500>
- Gutiérrez, E. B. (2019). Modelo de indicadores para evaluar estratégicamente la gestión de activos de I+D a partir de técnica Proceso de Jerarquía Analítica. *Revista Espacios*, 7.
- Hastings, N. A. J. (2021). *Physical Asset Management*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-62836-9>
- Heer, R. (2012). A Model of Learning Objectives based on a Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives. *Contemporary Theories of Learning, Iowa State University, July*.
- Hernández-Sampieri, R. & M. (2018). Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. *Editorial Mc Graw Hill Education*, 10(18). <https://doi.org/10.22201/fesc.20072236e.2019.10.18.6>
- Herrera Escobedo, G. I. (2023). *Diseño de una estrategia para la excelencia organizacional en la gestión de activos*. Universidad de Chile.
- Iragorri, G. (2015). Adecuación De Los Requisitos De La Norma ISO 55001 A Un Entorno Productivo De Una Central De Generación Eléctrica. *XVII Congreso de Confiabilidad*.
- Islam, M. R. (2018). Sample size and its role in Central Limit Theorem (CLT). *International Journal of Physics and Mathematics*. <https://doi.org/10.31295/pm.v1n1.42>
- Jardine, A. K. S. (2006). A review on machinery diagnostics and prognostics implementing condition-based maintenance. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 20(7), 1483–1510. <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2005.09.012>

- João, P., Hugo, R., José Torres, F., & J Edmundo, de-A.-P. (2023). Physical assets life cycle analysis in a food industry company - case study. *Archive of Food and Nutritional Science*, 7(1), 012–029. <https://doi.org/10.29328/journal.afns.1001045>
- Johannes, K. (2021). Identifying Maturity Dimensions for Smart Maintenance Management of Constructed Assets: A Multiple Case Study. *Journal of Construction Engineering and Management*, 147(9). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0002112](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0002112)
- Jonsson, K. (2018). Representation and Mediation in Digitalized Work: Evidence from Maintenance of Mining Machinery. *Journal of Information Technology*, 33(3), 216–232. <https://doi.org/10.1057/s41265-017-0050-x>
- Joshi, A., Kale, S., Chandel, S., & Pal, D. (2015). Likert Scale: Explored and Explained. *British Journal of Applied Science & Technology*, 7(4). <https://doi.org/10.9734/bjast/2015/14975>
- Karauri, L. G. (2024). Impact of Effective Leadership on Organisational Performance: An Empirical Investigation. *Open Journal of Leadership*, 13(01), 30–38. <https://doi.org/10.4236/ojl.2024.131003>
- Katina, P. F. (2021). Complex System Governance as a Framework for Asset Management. *Sustainability*, 13(15), 8502. <https://doi.org/10.3390/su13158502>
- Keating, C. B. (2021). Complex System Governance as a Framework for Asset Management. *Sustainability*, 13(15), 8502. <https://doi.org/10.3390/su13158502>
- Komljenovic, D. (2008). Development of risk-informed, performance-based asset management in mining. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 22(2). <https://doi.org/10.1080/17480930701562176>
- Komljenovic, D., Nour, G. A., & Popovic, N. (2015). An approach for strategic planning and asset management in the mining industry in the context of business and operational complexity. *International Journal of Mining and Mineral Engineering*, 6(4), 338. <https://doi.org/10.1504/IJMME.2015.073047>

- Kumar, U. (2013). Maintenance performance metrics: a state-of-the-art review. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 19(3), 233–277. <https://doi.org/10.1108/JQME-05-2013-0029>
- Kumar, U., Galar, D., Parida, A., Stenström, C., & Berges, L. (2013). Maintenance performance metrics: a state-of-the-art review. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 19(3), 233–277. <https://doi.org/10.1108/JQME-05-2013-0029>
- Kusmaryono, I., Wijayanti, D., & Maharani, H. R. (2022). Number of Response Options, Reliability, Validity, and Potential Bias in the Use of the Likert Scale Education and Social Science Research: A Literature Review. In *International Journal of Educational Methodology* (Vol. 8, Issue 4). <https://doi.org/10.12973/ijem.8.4.625>
- León Ganchozo, M. U., Valero Yarlequé, L. J., & Vera Macías, S. D. (2020). Diseño del sistema de gestión de activos físicos según norma ISO 55001:2014. *Revista InGenio*, 3(1), 81–88. <https://doi.org/10.18779/ingenio.v3i1.332>
- Lima, E. S. (2019). Improving Asset Management under a regulatory view. *Reliability Engineering & System Safety*, 190, 106523. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2019.106523>
- Lundgren, C. (2023). How industrial maintenance managers perceive socio-technical changes in leadership in the Industry 4.0 context. *International Journal of Production Research*, 61(15). <https://doi.org/10.1080/00207543.2022.2101031>
- Maletič, D. (2020). An Analysis of Physical Asset Management Core Practices and Their Influence on Operational Performance. *Sustainability*, 12(21), 9097. <https://doi.org/10.3390/su12219097>
- Markovic, P. (2025). A Hybrid Model for Risk-Based Strategic Planning in Open-Pit Mining: Integrating Deterministic, Stochastic, and ISO 31000 Approaches. *Applied Sciences*, 15(5), 2500. <https://doi.org/10.3390/app15052500>

- Molina Cadenillas. (2023). *Optimización de la Gestión de Activos Móviles mediante Metodologías Predictivas y Planeamiento Estratégico: Caso de éxito en Unidad Minera Cerro Lindo*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Msongole, S. S. (2022). Assessing the level of application of physical asset management core practices at water boards in Malawi. *Heliyon*, 8(11), e11614.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11614>
- Muchiri, P., & Pintelon, L. (2008). Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): Literature review and practical application discussion. *International Journal of Production Research*, 46(13).
<https://doi.org/10.1080/00207540601142645>
- Muller, A., Crespo Marquez, A., & lung, B. (2008). On the concept of e-maintenance: Review and current research. *Reliability Engineering and System Safety*, 93(8).
<https://doi.org/10.1016/j.ress.2007.08.006>
- Nakousi, C., Pascual, R., Anani, A., Kristjanpoller, F., & Lillo, P. (2018). An asset-management oriented methodology for mine haul-fleet usage scheduling. *Reliability Engineering and System Safety*, 180. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2018.07.034>
- Oliveira, M. (2016). Use of Maintenance Performance Indicators by Companies of the Industrial Hub of Manaus. *Procedia CIRP*, 52.
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.071>
- Oliveira, M. A., & Lopes, I. (2020). Evaluation and improvement of maintenance management performance using a maturity model. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 69(3). <https://doi.org/10.1108/IJPPM-07-2018-0247>
- Osorio Maita, A. L. (2019). *Liderazgo transformacional y compromiso organizacional en la empresa Grupo Vivargo, Chorrillos*. Universidad Autónoma del Perú.

- Pais, E., Farinha, J. T., Raposo, H., & Meireles, A. (2019). Iso 55001-A Pragmatic Proposal For Diagnosis And Implementation. *Journal of Industrial Engineering and Management Science*.
- Papathanassiou, N., Pistofidis, P., & Emmanouilidis, C. (2013). Competencies development and self-assessment in maintenance management e-training. *European Journal of Engineering Education*, 38(5), 497–511.
<https://doi.org/10.1080/03043797.2013.811475>
- Parida, A. (2015). Performance measurement and management for maintenance: a literature review. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 21(1), 2–33.
<https://doi.org/10.1108/JQME-10-2013-0067>
- Parra, C. (2020). Técnicas de Auditoría aplicadas en los procesos de Gestión del Mantenimiento y de la Confiabilidad. *ResearchGate*, July.
- Parra Marquez, C., & Crespo Márquez, A. (2019). Modelo integral de Gestión del Mantenimiento (MGM), alineado con los pilares del conocimiento de la certificación CMRP (Certified Maintenance & Reliability Professional). *SMRP Simposio*.
- Pavlíčková, M. (2022). Hoshin Kanri Process: A Review and Bibliometric Analysis on the Connection of Theory and Practice. *Processes*, 10(9), 1854.
<https://doi.org/10.3390/pr10091854>
- Pazmiño Carrera, P. E. (2021). *Estilos de liderazgo de la dirección y su incidencia en el compromiso organizacional de los colaboradores de la Agencia de Promoción Económica ConQuito, durante el primer semestre del 2019*. Universidad Andina Simón Bolívar.
- Pitana, T. (2022). The Evaluation of Maturity Level on Heavy Equipment Maintenance Management According to ISO 55001:2014. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 972(1), 012033. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/972/1/012033>

- Pizarro, F. (2024). Implementation of the Asset Management, Operational Reliability and Maintenance Survey in Recycled Beverage Container Manufacturing Lines. *Information*, 15(12), 784. <https://doi.org/10.3390/info15120784>
- Roopchan L. (2019). *Governance Models for Successful Asset Management Development and Sustenance*. PEMAC.
- Shamsuzzaman, M. (2018). Challenges of implementing ISO 55000: A case study from an educational institute. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 2018-March.
- Shang, Y. (2020). Reliability-based life cycle costing analysis for embedded rails in level crossings. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit*, 234(8), 821–833. <https://doi.org/10.1177/0954409719866359>
- Sholtis, D. (2020). *ISO 55001 Asset Management Gap Analysis - Final Results [Spreadsheet]*. <https://doi.org/10.2172/1670878>
- Smith, G. L., Surujhlal, S. N., & Manyuchi, K. T. (2008). Strategic mine planning - Communicating uncertainty with scenarios. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 108(12).
- Sokovic, M., Pavletic, D., & Pipan, K. K. (2010). Quality improvement methodologies—PDCA cycle, RADAR matrix, DMAIC and DFSS. *Journal of Achievements in ...*, 43(1).
- Stenström, C., Parida, A., Kumar, U., & Galar, D. (2013). Performance indicators and terminology for value driven maintenance. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 19(3), 222–232. <https://doi.org/10.1108/JQME-05-2013-0024>
- Sullivan, G. M. (2013). Analyzing and Interpreting Data From Likert-Type Scales. *Journal of Graduate Medical Education*, 5(4), 541–542. <https://doi.org/10.4300/JGME-5-4-18>
- Taufik, D. A. (2020). PDCA Cycle Method implementation in Industries: A Systematic Literature Review. *IJIEM - Indonesian Journal of Industrial Engineering and Management*, 1(3). <https://doi.org/10.22441/ijiem.v1i3.10244>

Tejada Betancourt, L. (2023). Metodología de la investigación para anteproyectos.

Educación Superior, 34. <https://doi.org/10.56918/es.2022.i34.pp206>

Tholana, T. (2016a). Extending the application of PAS 55/ ISO 55 000 to mineral asset management. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 116(11), 1043–1050. <https://doi.org/10.17159/2411-9717/2016/v116n11a6>

Tholana, T. (2016b). Extending the application of PAS 55/ISO 55 000 to mineral asset management. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 116(11). <https://doi.org/10.17159/2411-9717/2016/v116n11a6>

Thomas Vogt. (2025). Mining Companies That Plan for Uncertainty Can Profit from It. *BCG*.

Toledo Rivadeneira, J., Lozano Ruiz, E. R., & Moncayo Moncayo, P. S. (2023).

Aproximación Al Estado Del Arte De La Sostenibilidad De La Minería Metálica En El Ecuador, Entre Los Años 2002 Y 2023. *Universidad-Verdad*, 2(83), 88–103. <https://doi.org/10.33324/uv.v2i83.700>

Tortora, A. M. R. (2022). A Maintenance Maturity Model for Assessing Information Management Practices for Small and Medium Enterprises (M3AIN4SME). *Applied Sciences*, 12(18), 9282. <https://doi.org/10.3390/app12189282>

Woodhouse, J. (2018). *Asset management: Decision-making for asset systems across the life cycle*.

Anexos

Anexo 1 - Tablas de respuestas de la encuesta del pilar 5.1 – Liderazgo y

Compromiso (Google Forms)

Marca temporal	Seleccione el nivel de responsabilidad que cumple en la organización:	El éxito del sistema de gestión en nuestra área depende en gran medida de la orientación, ejemplo y dirección que ejerce el líder sobre el personal.	Conozco los objetivos estratégicos de la organización.	Conozco la política de gestión de activos de la empresa y entiendo su propósito dentro de las operaciones diarias.	Usted cuenta con todos los recursos necesarios (herramientas, información, equipos y tiempo) para realizar adecuadamente sus actividades.	En su área se identifican y desarrollan procesos de oportunidades de mejora.	Los colaboradores contribuyen con una alta participación activa para el cuidado y desempeño de los activos de su área.	Los criterios y toma de decisiones sobre los activos están alineados con los objetivos de la organización y se reflejan en alta disponibilidad.	El liderazgo de mi área promueve y facilita espacios donde se comparten mejoras, lecciones aprendidas y buenas prácticas relacionadas con los equipos.	Mi líder participa activamente en actividades de campo para identificar problemas y apoyar la solución junto con el equipo.
11/11/2025 7:55:56	Coordinador/a		3	1	1	2	2	1	1	1
11/11/2025 8:19:52	Director/a		3	4	2	4	4	3	2	4
11/11/2025 8:54:06	Técnico/a especializado/a mecánico, eléctrico o		4	2	1	1	2	4	1	2
11/11/2025 9:03:56	Planificador/a		3	2	1	1	2	1	3	2
11/11/2025 9:04:54	Técnico/a especializado/a mecánico, eléctrico o		4	1	2	2	2	4	2	2
11/11/2025 9:10:41	Coordinador/a		3	2	2	2	2	3	2	3
11/11/2025 9:12:11	Coordinador/a		3	1	2	2	2	2	2	3
11/11/2025 9:20:21	Coordinador/a		3	3	2	2	3	2	2	2
11/11/2025 9:59:11	Técnico/a especializado/a mecánico, eléctrico o		4	2	1	2	1	4	2	2
11/11/2025 10:18:51	Técnico/a especializado/a mecánico, eléctrico o		4	2	2	2	2	4	2	1
11/11/2025 10:59:03	Coordinador/a		3	1	1	2	2	1	1	1
11/11/2025 11:02:13	Coordinador/a		1	1	1	3	1	2	2	2
11/11/2025 11:14:08	Supervisor/a		4	4	2	4	4	4	2	4
11/11/2025 11:23:05	Técnico/a especializado/a mecánico, eléctrico o		4	2	2	1	1	4	2	2
11/11/2025 12:11:14	Técnico/a especializado/a mecánico, eléctrico o		4	1	2	1	1	3	1	1
11/11/2025 12:51:12	Supervisor/a		2	2	1	4	4	4	2	4
11/11/2025 13:20:12	Coordinador/a		3	2	2	1	2	2	3	2
11/11/2025 13:45:44	Supervisor/a		2	2	2	2	2	1	1	2
11/11/2025 13:58:55	Técnico/a especializado/a mecánico, eléctrico o		4	1	2	2	1	3	1	1
11/11/2025 14:52:37	Planificador/a		4	2	2	2	2	1	2	1
11/11/2025 15:55:08	Técnico/a especializado/a mecánico, eléctrico o		3	1	2	1	2	3	1	2
11/11/2025 17:45:27	Planificador/a		2	1	1	1	1	2	2	2
11/12/2025 8:05:33	Técnico/a especializado/a mecánico, eléctrico o		3	1	2	1	1	4	1	1
11/12/2025 17:55:37	Técnico/a especializado/a mecánico, eléctrico o		4	1	1	1	2	4	1	1
11/14/2025 17:59:23	Planificador/a		3	3	1	2	1	1	2	1
11/14/2025 18:10:26	Coordinador/a		2	1	2	2	2	2	1	1
11/14/2025 18:14:42	Coordinador/a		2	1	1	1	2	2	1	2
11/14/2025 18:16:57	Coordinador/a		3	2	2	2	3	3	2	3
11/14/2025 21:35:37	Superintendente		3	4	2	4	3	3	3	3
11/15/2025 18:50:28	Superintendente		4	4	2	4	3	3	3	4
11/15/2025 18:57:28	Gerente/a		3	4	2	4	4	4	4	4

Anexo 2 - Tablas de respuestas de la encuesta del pilar 8.1 Ciclo de Vida del Activo

(Google Forms)

Marca temporal	Seleccione el nivel de responsabilidad que cumple en la organización:	Conozco las fases del ciclo de vida de los activos con los cuales trabajo (adquisición, operación, mantenimiento y retiro), y entiendo su importancia en la toma de decisiones diarias.	Durante la ejecución de actividades de operación y mantenimiento, los procedimientos que se aplican son claros y se cumplen de manera consistente.	La información registrada sobre fallas, costos y desempeño de los activos se utiliza para ajustar planes de mantenimiento y mejorar resultados operativos.	En mi área se revisan periódicamente los resultados operativos del activo para identificar mejoras y ajustar estrategias durante su ciclo de vida.	En mi área se evalúan distintas alternativas técnicas u operativas antes de tomar decisiones sobre el mantenimiento o intervención de un activo	En mi área están claramente definidos los roles, responsabilidades y tareas relacionadas con la operación y el mantenimiento de los activos.	En mi área se consideran parámetros financieros como vida útil, tasas de descuento, costos futuros y riesgos económicos en la toma de decisiones sobre activos.	En la organización existe una estructura clara para desglosar los costos asociados a los activos (adquisición, operación, mantenimiento, fin de vida), y se utiliza para analizar su comportamiento	En mi área se realizan análisis de costo del ciclo de vida (LCC) o comparaciones de escenarios para evaluar diferentes decisiones operativas o de mantenimiento.
11/11/2025 7:57:48	Coordinador/a		1	1	1	1	1	1	1	1
11/11/2025 8:21:25	Director/a		1	3	2	2	3	3	1	2
11/11/2025 8:56:15	Técnico/a especializado/a		2	2	2	2	2	2	2	2
11/11/2025 9:09:02	Técnico/a especializado/a		2	2	2	2	2	2	2	2
11/11/2025 9:14:03	Coordinador/a		3	1	3	3	3	3	2	2
11/11/2025 9:21:59	Coordinador/a		1	1	2	2	2	1	1	1
11/11/2025 10:01:52	Técnico/a especializado/a		2	2	2	2	2	2	2	2
11/11/2025 10:21:04	Técnico/a especializado/a		2	2	2	2	2	2	2	2
11/11/2025 10:56:47	Coordinador/a		1	1	1	1	1	1	1	1
11/11/2025 11:03:45	Coordinador/a		1	2	1	1	1	2	1	1
11/11/2025 11:17:03	Supervisor/a		4	4	4	4	4	4	4	4
11/11/2025 11:24:45	Técnico/a especializado/a		2	2	2	2	2	2	2	2
11/11/2025 11:52:08	Técnico/a especializado/a		2	1	1	1	1	1	1	1
11/11/2025 12:52:57	Supervisor/a		4	3	3	3	4	4	3	1
11/11/2025 13:21:47	Coordinador/a		2	2	1	2	1	2	2	2
11/11/2025 13:47:13	Supervisor/a		4	3	3	3	3	1	1	3
11/11/2025 14:00:25	Técnico/a especializado/a		2	2	2	2	2	2	2	2
11/11/2025 14:51:20	Planificador/a		3	3	3	1	3	3	3	1
11/11/2025 16:14:09	Técnico/a especializado/a		2	2	2	2	1	1	2	2
11/11/2025 17:46:16	Planificador/a		3	3	3	3	3	3	3	3
11/12/2025 4:47:22	Planificador/a		3	3	3	1	1	1	3	3
11/12/2025 8:07:41	Técnico/a especializado/a		2	2	2	2	2	2	2	2
11/12/2025 17:56:53	Técnico/a especializado/a		1	1	1	1	1	1	1	1
11/14/2025 18:01:25	Planificador/a		3	3	3	1	3	3	3	1
11/14/2025 18:03:49	Coordinador/a		1	1	1	1	1	2	1	1
11/14/2025 18:13:21	Coordinador/a		1	1	1	2	1	1	2	1
11/14/2025 18:15:07	Coordinador/a		1	2	1	1	2	2	1	1
11/14/2025 18:17:30	Coordinador/a		2	3	2	1	2	3	1	1
11/14/2025 21:40:14	Superintendente		4	3	3	3	4	4	3	3
11/15/2025 18:50:03	Superintendente		4	3	4	3	4	4	4	3
11/15/2025 18:57:07	Gerente/a		4	4	4	4	4	4	4	3