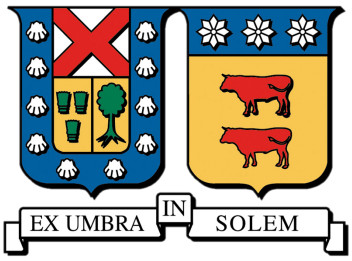
UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

Departamento de Ingeniería Mecánica

Valparaíso – Chile



IDENTIFICACIÓN DE BRECHAS Y PROPUESTA DE ACCIONES PARA LA MEJORA CONTINUA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO, MEDIANTE EL SISTEMA OPERATIVO DE MANTENIMIENTO (SOMA), EN DIVISIÓN DE EMPRESA MINERA DE COBRE, DE LA REGIÓN DE VALPARAÍSO

Arturo Alejandro Gamonal Rozas

Memoria de Titulación para optar al título de:

Ingeniero Civil Mecánico

Profesor Guía: Dr. Ing. Pedro Sariego Pasten
Profesor Correferente: Mg. Ing. Rene Valdenegro Oyaneder
Tutor de la Empresa Minera: Mg. Ing. Gonzalo Herrera Ahumada

Marzo, 2026

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☒ Memoria o trabajo de título ☐ Tesis de Postgrado

Título del trabajo: Identificación de brechas, propuesta de acciones para la mejora continua de la gestión de mantenimiento, mediante el Sistema Operativo de Mantenimiento (SOM), en División de Empresa Minera de Cobre, de la región de Valparaíso

Nombre del candidato(a): Arturo Alejandro Caparral Rojas

Carrera / Grado: Ingeniería Civil Mecánica

Campus: Casa Central **Departamento:** Departamento de Ingeniería Mecánica

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Pedro Sariego Pastem, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución.

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL (marcar una opción)

☒ El trabajo **NO contiene** información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad **(embargo)** por **(marcar una opción):**

☐ 6 meses ☐ 12 meses ☐ 2 años ☐ 3 años ☐ 5 años ☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

_____

_____

_____

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 26-08-2026 **Firma:** _____

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 25-08-2026 **Firma:** _____

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

Agradecimientos

Debo agradecer, en primer lugar, a toda mi familia, por su apoyo incondicional a lo largo de mi vida. Gracias por confiar en mí, por permitirme desarrollarme como persona, por preocuparse de entregarme las herramientas necesarias para enfrentar la vida y por inculcarme los valores que hoy me definen. Gracias por motivarme siempre a ser una mejor persona, por enseñarme con el ejemplo y por brindarme el espacio, el cariño y las oportunidades necesarias para seguir creciendo cada día.

Un agradecimiento especial a mi madre. Gracias por enseñarme el significado del amor incondicional, por regalarme la vida y mi infancia, y por crear ese hogar al que siempre anhelo volver. Gracias por consolarme de niño cuando tenía miedo, y gracias por seguir haciéndolo aún de grande. Gracias por ser el más claro ejemplo de una gran mujer y una gran madre. Gracias por ser la persona que más admiro en el mundo.

Papá, gracias por guiarme desde pequeño y por desafiarme constantemente a ser mejor. Gracias por ayudarme a desarrollar el ingenio que me permitió convertirme en el hombre y profesional que soy hoy. Gracias por tu apoyo permanente, por preocuparte siempre de mi bienestar y por enseñarme a ser valiente en mi forma de sentir y de enfrentar la vida. Gracias por enseñarme a nunca arrepentirme de amar a concho.

A mi hermana Panchita, gracias por alegrar mis días, por acompañarme durante mi infancia y por recibirme siempre con tu hermosa sonrisa y tus ojitos bellos. Gracias por conectar con lo que sea que es divino y, desde tu posición en ello, velar siempre por lo que sea mejor para mí. Gracias por enseñarme cuánto disfruto cuidar a quienes amo, por ayudarme a madurar, por mostrarme el valor del amor a través del servicio y por hacerme descubrir cuánto deseo algún día ser padre.

Valeria, gracias por acompañarme durante toda mi niñez. Gracias por ser esa persona con la que siempre quería compartir mis experiencias, mis juegos y mis historias. Gracias por ser tan distinta a mí y por mostrarme desde pequeño otras formas de ver y vivir la vida. Gracias por motivarme a conocerme mejor y por ayudarme a explorar mi propia espiritualidad.

Juanfo, gracias por apoyarme en mi proceso de autoconocimiento y desarrollo profesional, incluso ayudándome en aquellos momentos en que yo mismo no sabía que necesitaba ayuda o no estaba dispuesto a recibirla. Gracias por enseñarme a través del ejemplo y por motivarme a encontrar mi propia forma de ser y de expresar mi masculinidad.

Karla, gracias por enseñarme a amar de tu forma. Gracias por darme la esperanza de que existe un futuro mejor, pero también gracias por enseñarme que nada tiene sentido si no aprendo a disfrutar el presente. Gracias por ayudarme a valorar los pequeños momentos, un paisaje, una conversación o una buena compañía; por enseñarme que lo esencial es invisible a los ojos. Gracias por impulsarme a vivir experiencias que jamás imaginé, por acompañarme en mi autoconocimiento y en mi desarrollo para ser una mejor versión de mí mismo, y por ayudarme a descubrir que mi personalidad y mis capacidades van mucho más allá de los límites que alguna vez creí tener.

Gracias también a mis futuros hijos, por motivarme siempre a ser mejor persona, mejor hombre y mejor profesional. Han sido el motor que me impulsa constantemente a ser la mejor versión de mí mismo. Los amo profundamente y espero tener la oportunidad de conocerlos algún día.

Finalmente, quiero agradecerme a mí mismo. Gracias por haberme tomado en serio mi proceso de autoconocimiento y crecimiento personal desde pequeño. Gracias por desear siempre lo mejor para mí y por trabajar para construirlo. Gracias por haber aprendido a quererme nuevamente, por haberme reencontrado conmigo mismo y por atreverme nuevamente a sentir, amar, soñar y jugar a través de aquello que más me apasiona.

Los amo a todos.

Resumen Ejecutivo

El presente trabajo fue desarrollado en la Superintendencia de Mantenimiento de una empresa minera de cobre ubicada en la región de Valparaíso, Chile, considerando como alcance la especialidad del título, así como las restricciones temporales y económicas del proyecto.

El proyecto se estructuró en dos etapas. La primera correspondió a una investigación que buscó identificar **la oportunidad de mejora en la gestión de mantenimiento con mayor impacto en la organización**. Para ello, se recopilaron distintas oportunidades de mejora mediante entrevistas, encuestas y observaciones propias.

La priorización de estas oportunidades se realizó en base a la **Auditoría de Evaluación de Madurez SOMA 2025**, la cual define los aspectos clave para el desarrollo de la madurez en la gestión de mantenimiento. A partir de sus ponderaciones y de los puntajes obtenidos en la evaluación, se estableció un criterio de priorización que permitió identificar como principal brecha aquellas relacionadas con los **planes de mantenimiento**.

La segunda etapa del proyecto buscó definir **la solución más adecuada para estas brechas y un plan de implementación acorde al contexto y nivel de madurez de la organización**. Para ello, se diagnosticó la situación actual, se establecieron los objetivos del proceso de transformación y se identificó, mediante un análisis de causas directas, que las principales problemáticas se asociaban a aspectos metodológicos y a la gestión del equipo de confiabilidad.

El posterior análisis de causas raíz permitió identificar un total de catorce causas, asociadas principalmente a la no aplicación de una metodología estructurada para la actualización de planes, la falta de indicadores de desempeño para su evaluación, la inexistencia de instancias de validación, la ausencia de un formato estandarizado, la pérdida de información relevante proveniente de terreno, la desvinculación con los análisis de desempeño y la limitada integración del análisis RCM.

En función de estas causas, se determinaron las soluciones correspondientes, considerando la factibilidad, costo, tiempo de implementación y beneficios esperados. Como resultado, se propuso una solución integral basada en la creación de un **Procedimiento de Revisión de Planes de Mantenimiento**, alineado con SOMA y adaptado a las necesidades de la organización.

Este procedimiento contempló la priorización y selección de los planes de mantenimiento más críticos mediante el análisis de resultados, utilizando indicadores acordes a las capacidades de la organización en la **Plataforma de análisis de resultados de planes de mantenimiento**, junto con la **Plataforma de Gestión de Solicitudes de Actualización**. Asimismo, consideró etapas estructuradas para el desarrollo del plan, incluyendo el **Estándar de Formato de Plan de Mantenimiento**, su validación interdisciplinaria, su despliegue y su posterior seguimiento para su automatización.

Complementariamente, la solución integró elementos de gestión del cambio, incluyendo lineamientos de liderazgo, comunicación efectiva y un plan de capacitación con instancias de retroalimentación y seguimiento, junto con un plan de implementación orientado a asegurar la correcta adopción de la metodología y el fortalecimiento de las capacidades del equipo de confiabilidad.

En conjunto, esta propuesta buscó establecer un proceso sistemático, estandarizado y sostenible para la actualización de planes de mantenimiento, alineado con los principios de mejora continua y con los lineamientos del Sistema Operativo de Mantenimiento, contribuyendo a mejorar la confiabilidad humana y de los equipos, y, en consecuencia, la confiabilidad e integridad operacional de la empresa.

Palabras clave: SOMA, Planes de Mantenimiento, Confiabilidad Operacional, Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM).

Abstract

The present work was developed within the Maintenance Superintendence of a copper mining company located in the Valparaíso Region, Chile, considering the scope of the degree specialization as well as the temporal and economic constraints of the project.

The project was structured in two stages. The first consisted of an investigation that sought to identify **the maintenance management improvement opportunity with the greatest impact on the organization**. To this end, various improvement opportunities were collected through interviews, surveys, and direct observations.

The prioritization of these opportunities was carried out based on the **2025 SOMA Maturity Assessment Audit**, which defines the key aspects for the development of maintenance management maturity. Based on its weightings and the scores obtained in the evaluation, a prioritization criterion was established that identified gaps related to **maintenance plans** as the primary opportunity for improvement.

The second stage of the project sought to define **the most appropriate solution to address these gaps, along with an implementation plan aligned with the organization's context and level of maturity**. For this purpose, the current situation was diagnosed, the objectives of the transformation process were established, and through a direct cause analysis it was identified that the main issues were associated with methodological aspects and the management of the reliability team.

The subsequent root cause analysis identified a total of fourteen causes, mainly associated with the lack of application of a structured methodology for updating plans, the absence of performance indicators for their evaluation, the lack of validation instances, the absence of a standardized format, the loss of relevant field information, the disconnection from performance analysis, and the limited integration of RCM analysis.

Based on these causes, the corresponding solutions were defined considering feasibility, cost, implementation time, and expected benefits. As a result, a comprehensive solution was proposed based on the development of a **Maintenance Plan Review Procedure**, aligned with SOMA and adapted to the organization's needs.

This procedure included the prioritization and selection of the most critical maintenance plans through results analysis, using indicators aligned with the organization's capabilities in the **Maintenance Plan Results Analysis Platform**, together with the management of inputs through the **Survey Management Platform**. It also considered structured stages for plan development, including the **Standard Maintenance Plan Format**, interdisciplinary validation, deployment, and subsequent monitoring to support its automation.

Additionally, the solution integrated change management elements, including leadership guidelines, effective communication, and a training plan with feedback and follow-up activities, together with an implementation plan aimed at ensuring the proper adoption of the methodology and strengthening the capabilities of the reliability team.

Overall, this proposal sought to establish a systematic, standardized, and sustainable process for updating maintenance plans, aligned with continuous improvement principles and the guidelines of the Maintenance Operating System, thereby contributing to improved human and equipment reliability and, consequently, to the operational reliability and integrity of the company.

Keywords: SOMA, Maintenance Plans, Operational Reliability, Reliability-Centered Maintenance (RCM).

Descargo de Responsabilidad y Confidencialidad

El presente informe contiene información técnica y antecedentes obtenidos en el contexto de una organización del sector minero, cuya identidad debe resguardarse por razones de confidencialidad. En consecuencia, y con el fin de proteger la información sensible y estratégica, no se hará mención explícita al nombre real de la compañía en ningún apartado del documento.

Para efectos de referencia, a lo largo de este trabajo se utilizará la denominación **"Empresa Minera de Cobre"**, o su abreviatura **EMICOB**, como nombre ficticio para identificar a la organización en cuestión.

La información presentada ha sido tratada y estructurada con fines exclusivamente académicos, resguardando datos estratégicos, comerciales y operacionales cuya divulgación pudiera afectar a la organización.

Glosario

Activo Físico: Conjunto de ítems de carácter permanente que una empresa utiliza como medio de explotación.

Análisis de Desempeño: Evaluación sistemática de los resultados de mantenimiento, orientada a identificar brechas, causas y oportunidades de mejora.

Auditoría: Proceso sistemático, independiente y documentado para evaluar el cumplimiento de normas, políticas o procedimientos.

Ánodos de cobre: Placas de cobre refinado utilizadas como insumo en procesos de electrorrefinación.

Brecha: Diferencia entre el desempeño actual y el nivel objetivo o esperado.

Cátodos: Placas de cobre de alta pureza (99,99 %) obtenidas mediante procesos electrolíticos.

Causa aparente: Motivo superficial que parece originar un problema, sin representar su origen real.

Causa raíz: Origen fundamental de un problema, cuya eliminación evita su recurrencia.

Ciclo de Vida: Periodo durante el cual un ítem mantiene su capacidad funcional, desde su adquisición hasta su retiro.

Confiabilidad: Probabilidad de que un ítem cumpla su función bajo condiciones definidas durante un periodo determinado.

Consecuencias de Falla: Efectos derivados de un modo de falla en seguridad, ambiente, operación o costos.

Contexto Operacional: Condiciones bajo las cuales un activo debe cumplir sus funciones.

Defecto: Condición anormal que afecta el desempeño de un ítem.

Disponibilidad: Capacidad de un ítem para estar operativo cuando se requiere.

Efecto de Falla: Resultado observable de la ocurrencia de una falla.

Elemento: Parte básica constituyente de un componente.

Equipo: Sistema funcional compuesto por conjuntos, componentes y elementos.

Falla: Pérdida de la capacidad de un ítem para cumplir su función.

Falla Funcional: Incapacidad de cumplir una función al nivel requerido.

Falla Potencial: Condición que indica la proximidad de una falla funcional.

Función: Resultado que se espera que un activo entregue en operación.

Hallazgo: Situación detectada en terreno que requiere intervención y puede generar trabajo no planificado.

Ítem: Cualquier activo susceptible de análisis individual.

Intervalo P-F: Tiempo entre la detección de una falla potencial y la falla funcional.

Intervención: Actividad técnica realizada sobre un ítem.

KPI (Indicador Clave de Desempeño): Métrica utilizada para evaluar el desempeño de procesos o sistemas.

Mantenibilidad: Facilidad con que un ítem puede ser mantenido o reparado.

Mantenimiento: Conjunto de actividades técnicas y administrativas destinadas a asegurar que los activos continúen cumpliendo sus funciones.

Mantenimiento Correctivo: Mantenimiento ejecutado tras la ocurrencia de una falla.

Mantenimiento No Planificado: Intervención no programada previamente.

Mantenimiento Planificado: Mantenimiento definido con anticipación.

Mantenimiento Predictivo: Mantenimiento basado en la condición del activo.

Mantenimiento Preventivo: Intervención programada para evitar fallas.

Mantenimiento Proactivo: Enfoque orientado a eliminar causas de fallas.

Modo de Falla: Forma en que ocurre una falla.

MTBF (Tiempo Medio Entre Fallas): Promedio de tiempo entre fallas de un ítem.

MTTR (Tiempo Medio de Reparación): Tiempo promedio requerido para reparar un ítem.

Oportunidad de Mejora: Situación identificada que permite optimizar procesos o resultados.

Plan de Mantenimiento: Conjunto estructurado de tareas definidas para mantener un activo.

Planta: Sistema integrado de activos que conforman una unidad productiva.

Política de Mantenimiento: Lineamientos estratégicos que orientan la gestión de mantenimiento.

RCM (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad): Metodología para definir estrategias de mantenimiento basadas en funciones y fallas.

Reparación: Acción de restituir un ítem a condición operativa.

SAP PM: Sistema informático utilizado para la gestión de activos y mantenimiento.

SOMA: Sistema Operativo de Mantenimiento utilizado como modelo de gestión de mantenimiento en la organización.

Tasa de Fallas: Frecuencia con que ocurren fallas en un periodo.

Trabajo No Planificado: Actividades de mantenimiento no consideradas en la planificación.

Índice general

I. Generalidades y Planteamiento del problema **14**
1. Introducción . . . 14
2. Objetivos . . . 15
   2.1. Objetivo General . . . 15
   2.2. Objetivos Específicos . . . 15
3. Detalle del planteamiento del problema . . . 15
   3.1. Preguntas de Investigación . . . 15
   3.2. Justificación de la investigación . . . 16
   3.3. Viabilidad de la investigación . . . 16
4. Carta Gantt . . . 17
5. Antecedentes de la Empresa Minera de Cobre . . . 17
   5.1. Antecedentes de la División . . . 18

II. Marco Teórico **22**
6. Minería de Cobre . . . 22
7. Electrorrefinación . . . 26
8. Ingeniería de Mantenimiento . . . 29
   8.1. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) . . . 32
9. Sistema Operativo de Mantenimiento . . . 34
   9.1. Descripción de las capas . . . 35
   9.2. Descripción de las fases . . . 37
10. Auditoría de Evaluación de Madurez SOMA 2025 . . . 53
   10.1. Pauta SOMA . . . 54
   10.2. KPIs Resultado y Proceso . . . 56
   10.3. Indicadores Uso SAP PM . . . 57
   10.4. Cumplimiento PIT SOMA . . . 57
11. Lean Management . . . 59
12. Mejora Continua . . . 61
   12.1. Subsistema Ciclo de Mejora Continua . . . 62
   12.2. CAP-Do . . . 65
13. Mejoramiento continuo aplicado al mantenimiento . . . 66
14. Barreras humanas en los procesos de transformación . . . 67
15. Gestión de información SAP PM e Indicadores . . . 68
16. Metodología de la Investigación . . . 69
   16.1. Enfoque del estudio . . . 69
   16.2. Alcance del estudio . . . 71

16.3. Diseño de la investigación . . . 71
16.4. Definición de la Muestra . . . 71

III. Marco Metodológico **73**
17. Primera parte: Investigación . . . 73
18. Segunda Parte: Desarrollo de la Solución . . . 74

IV. Primera Parte: Investigación **76**
19. Alcance del estudio . . . 76
20. Diseño de la investigación . . . 76
21. Definición de la Muestra . . . 76
22. Recolección de los datos: Encuesta/Entrevista de Diagnóstico . . . 77
23. Análisis de los datos . . . 80
23.1. Tendencias Evaluación SOMA . . . 80
23.2. Resultados Encuesta/Entrevista de Diagnósitco . . . 83
24. Interpretación de resultados . . . 88
24.1. Participación . . . 89
24.2. Sección Cuantitativa . . . 89
24.3. Sección Cualitativa . . . 91
24.4. Análisis final de Encuesta/Entrevistas . . . 96
24.5. Análisis de Oportunidades de Mejora . . . 98
25. Reporte de los resultados . . . 101

V. Segunda Parte: Desarrollo de la Solución **102**
26. Definición de la Situación Actual e Ideal . . . 103
26.1. Entrevistas de identificación de brechas en planes de mantenimiento . . . 105
26.2. Mejora continua de los planes de mantenimiento: SOMA y la realidad . . . 107
26.3. Definir el Problema (Situación actual e ideal) . . . 107
27. Desglose del Problema . . . 109
28. Definición del Objetivo . . . 110
29. Análisis de Causas Directas . . . 110
30. Análisis de Causas Raíz Aparentes . . . 111
30.1. Causas raíces relacionadas a Método: . . . 111
30.2. Causas raíces relacionadas a Mano de Obra: . . . 113
31. Análisis de Soluciones . . . 116
31.1. ME-1: No están disponibles los indicadores definidos por SOMA para la mayoría de equipos . . . 117
31.2. ME-5: No se actualiza sistemáticamente el RCM de los equipos . . . 119
31.3. ME-8: No se vincula la actualización con otras etapas de análisis . . . 122
31.4. ME-6: No existe trazabilidad de las solicitudes de actualización de los planes de mantenimiento . . . 123
31.5. MO-5: Existen oportunidades para facilitar la tarea de actualización de los planes de mantenimiento . . . 124
31.6. ME-2: No se valida el plan con otras áreas antes de desplegarse . . . 126
31.7. ME-4: Se siguen distintos formatos durante el despliegue de planes de mantenimiento . . . 127
31.8. ME-3: No se ha incorporado efectivamente una metodología de actualización . 127

31.9. MO-1: No se ha comunicado estratégicamente la implementación del procedimiento . . . 129
31.10. MO-2: No se ha enseñado cómo seguir el procedimiento . . . 129
31.11. MO-3: No se ha entrenado ni retroalimentado activamente sobre el procedimiento 130
31.12. MO-4: Se puede fortalecer las habilidades comunicativas y de liderazgo necesarias 130
31.13. ME-7: La información utilizada es mayoritariamente indirecta . . . 131
31.14. MO-6: No se entienden los beneficios colectivos e individuales (incentivos) . . . 132
32. Consolidación de la Solución . . . 133
32.1. Procedimiento de Revisión de Planes de Mantenimiento . . . 137
32.2. Plataformas Power BI de apoyo a la gestión de planes de mantenimiento . . . 151
32.3. Ficha de Propuesta de Plan de Mantenimiento . . . 158
32.4. Plan de Capacitación . . . 160
33. Desarrollo del Plan de Implementación . . . 163
33.1. Análisis económico de la solución . . . 164
33.2. Demás iniciativas . . . 166

VI. Conclusiones y Sugerencias **169**
34. Conclusiones . . . 169
35. Sugerencias . . . 171

VII. Anexos **173**
A. Resultados Sección Cuantitativa Entrevistas/Encuesta . . . 173
B. Respuestas Sección Cualitativa Entrevistas/Encuesta . . . 174
C. Estándar de Formato de Plan de Mantenimiento . . . 181
C.1. Formato de Plan de Mantenimiento . . . 181
D. Material guía . . . 200
D.1. Carga Masiva . . . 200
D.2. Carga Manual . . . 211

Índice de figuras

4.1. Carta Gantt 17
5.1. Confiabilidad, Planificación y Ejecución 20
5.2. Organigrama general con foco en el área de mantenimiento 21

6.1. Nivel de Pureza de Productos de Cobre 22
6.2. Proceso Productivo del Cobre 25
7.1. Ánodos y Cátodos de Cobre 26
7.2. Electrorrefiniación de Cobre 26
7.3. Diagrama Temporal de Consumo Ánodos y Cátodos 27
7.4. Diagrama de proceso general de la división 29
8.1. Curva agregada de costos según confiabilidad 31
8.2. Integridad Operacional y Confiabilidad Operacional 31
8.3. Seis patrones de falla 33
9.1. Política de Mantenimiento 35
9.2. Fases del Sistema Operativo de Mantenimiento 36
9.3. Ciclo de Mantenimiento 36
9.4. Puntaje de Consecuencia 38
9.5. Indicador de Consecuencia y Frecuencia 38
9.6. Tabla de Criticidad del Equipo 39
9.7. Criticidad del Equipo 39
9.8. Metas de Desempeño 40
9.9. Proceso General Fase C 41
9.10. Flujograma general toma de decisiones 42
9.11. Tabla Estándar C1, Fase C 43
9.12. Estrategias de Mantenimiento 44
9.13. Curva P-F 45
9.14. Estrategia de Mantenimiento según Criticidad 45
9.15. Implicancias a considerar al proponer un plan de mantenimiento 46
9.16. Estándar de actualización/creación de planes matrices 46
9.17. Detalle del contenido en los objetos técnicos 47
9.18. Etapas de Post Mantenimiento 49
9.19. Indicadores Relevantes en Ciclo de Mantenimiento 49
9.20. Análisis Jack-Knife 51
9.21. Priorización de componentes malos actores 51
9.22. Priorización de modos de falla por componente 52
9.23. Intervenciones típicas según curva de falla 53

10.1. Madurez de Mantenimiento Cuantitativa y Cualitativa 54
10.2. Dimensiones en Evaluación de Madurez SOMA 54
10.3. Áreas de Foco en Pauta SOMA 55
10.4. Detalle Puntuación IMP 56
10.5. IMP a Nota Evaluación 56
10.6. Tablero KPI Uso SAP PM 57
10.7. Nota PIT SOMA según Desviación 58
10.8. Diagrama Ponderación General Evaluación SOMA 58
10.9. Diagrama Ponderación Específica Evaluación SOMA 59
12.1. Diagrama de Ishikawa 62
12.2. Diagrama de análisis de los 5 porqués 62
12.3. Matriz de Asignación 63
12.4. Resolución de Problemas de 8 pasos 64
12.5. Metodología CAP-Do para Mejora Continua 65
14.1. Pirámide de resistencia al cambio 67
16.1. Fases de una investigación cuantitativa 70
16.2. Fases de una investigación cualitativa 70
16.3. Representación de una muestra como subgrupo 71

17.1. Metodología Parte 1 74
18.1. Metodología Parte 2 75

22.1. Escala de Likert 78
23.1. Evolución de Resultados en Evaluación de Madurez SOMA 81
23.2. Evolución de Resultados en Pauta SOMA, según Fase 82
23.3. Evolución de Resultados en Pauta SOMA en Fase D (Ciclo de Mantenimiento 82
23.4. Evolución de Resultados en KPIs Uso SAP PM 83
23.5. Participación por Área SIM 84
23.6. Participación Confiabilidad y Planificación 84
23.7. Participación Ejecución 85
23.8. Participación Suministros 85
23.9. Respuestas a preguntas de la Sección Cuantitativa 88
24.1. Respuesta de Justificación a Pregunta N°4 Sección Cualitativa 90
24.2. Conceptos más mencionados en Sección Cualitativa 92
24.3. Conceptos más mencionados en la Encuesta/Entrevista 93
24.4. Relación de Listado de Oportunidades de mejora con aspectos evaluados en Auditoría 99
24.5. Gráfico de Pareto para Criterio Priorización 101

29.1. Diagrama de Ishikawa 110
30.1. Causas Raíz Aparentes para Método 112
30.2. Causas Raíz Aparentes para Mano de Obra 114
32.1. Proceso general de revisión de planes de mantenimiento 138
32.2. Reunión de selección de planes de Mantenimiento 139
32.3. Estrategias de Mantenimiento según SOMA 142
32.4. Estrategia de Mantenimiento según Criticidad 143
32.5. Ejemplo Ficha de Propuesta de Plan de Mantenimiento 145
32.6. Reunión de validación de planes de mantenimiento 146

32.7. Orden gestión posterior . . . 147
32.8. Reunión de seguimiento de planes de mantenimiento . . . 148
32.9. Línea de tiempo de seguimiento de planes . . . 149
32.10Flujograma de procedimiento de revisión de planes de mantenimiento . . . 150
32.11Comportamiento normal del plan según cumplimiento del plan matriz . . . 152
32.12Diagrama de calor de la plataforma de análisis de resultados de plan de mantenimiento 153
32.13Plataforma de análisis de resultados de planes de mantenimiento . . . 154
32.14Modificación propuesta en pauta de mantenimiento . . . 156
32.15Plataforma de gestión de solicitudes de actualización . . . 157
32.16Plataforma de seguimiento de modificaciones . . . 158
32.17Página 1 Ficha de Propuesta de Plan de Mantenimiento . . . 159
32.18Página 2 Ficha de Propuesta de Plan de Mantenimiento . . . 160
33.1. Análisis económico del proyecto . . . 166

C.1. Código de Colores de llenado . . . 181
C.2. Estructura y Descripción de Objetos Técnicos de un Plan de Mantenimiento . . . 182
C.3. Estructura de un Plan de Mantenimiento . . . 182
C.4. Datos de Cabecera Hoja de Ruta . . . 188
C.5. Operaciones Hoja de Ruta . . . 190
C.6. Partes de un Plan de Mantenimiento . . . 192
C.7. Parámetros de Programación . . . 194
C.8. Posición de mantenimiento . . . 198
D.1. Código de colores de llenado . . . 200
D.2. Datos de Cabecera Hoja de Ruta (Planilla Carga Masiva) . . . 201
D.3. Ejemplo Datos de Cabecera Hoja de Ruta (Planilla Carga Masiva) . . . 202
D.4. Operaciones Hoja de Ruta (Planilla Carga Masiva) . . . 202
D.5. Ejemplo Operaciones Hoja de Ruta (Planilla Carga Masiva) . . . 204
D.6. Paquetes Hoja de Ruta (Planilla Carga Masiva) . . . 205
D.7. Ejemplo Paquetes Hoja de Ruta (Carga Masiva) . . . 206
D.8. Materiales Hoja de Ruta (Carga Masiva) . . . 206
D.9. Ejemplo Materiales Hoja de Ruta (Carga Masiva) . . . 207
D.10.Plan Planilla Carga Planes y Posiciones . . . 207
D.11.Ejemplo Plan Planilla Carga Planes y Posiciones . . . 209
D.12.Posición Planilla Carga Planes y Posiciones . . . 209
D.13.Ejemplo Posición Planilla Carga Planes y Posiciones . . . 211
D.14.Captura de video "IA05_Crear Hoja de Ruta" . . . 212
D.15.Captura de video "IP01_Crear Plan y Posición" . . . 213

Índice de tablas

10.1. Estructura de evaluación pauta SOMA 55

18.1. Ventajas y Desventajas Metodologías KAIZEN 75

22.1. Afirmaciones de la Sección Cuantitativa y Dimensiones que evalúan 78
22.2. Puntajes asociados a respuestas de Sección Cuantitativa 79
22.3. Preguntas de la Sección Cualitativa 80
23.1. Cantidad de Respuestas por Puntaje en Sección Cuantitativa 86
23.2. Medidas de Tendencia Central de Respuestas en Sección Cuantitativa de Confiabilidad y Planificación 86
24.1. Listado de Oportunidades de Mejora 94

26.1. Detalle de lo mencionado durante investigación sobre planes de mantenimiento . . . 104
26.2. Definición del problema con la herramienta 5W+1H 108
30.1. Causas raíces aparentes 116
31.1. Matriz de evaluación de soluciones 117
31.2. Evaluación de soluciones ME-6 124
31.3. Evaluación de soluciones MO-5 125
32.1. Causa raíz aparente y su respectiva consideración en la solución planteada 135
32.2. Familias focalizadas en la revisión de planes 2026 141
32.3. Comportamiento de indicador y su relación con el cumplimiento del plan matriz . . . 151
33.1. Resumen de recursos CAPEX 165

A.1. Respuestas de Justificación a Pregunta N°4 de Sección Cuantitativa 173
B.1. Respuestas a Pregunta N°1 Sección Cualitativa Entrevista/Encuesta Diagnóstico . . 174
B.2. Respuestas a Pregunta N°2 Sección Cualitativa Entrevista/Encuesta Diagnóstico . . 176
B.3. Respuestas a Pregunta N°3 Sección Cualitativa Entrevista/Encuesta Diagnóstico . . 178
B.4. Preguntas y respuestas específicas en entrevista de Diagnóstico 179
C.1. Detalle Nombre de Hoja de Ruta 189
C.2. Detalles Nombre Plan de Mantenimiento 193
C.3. Tabla para modificar los Parámetros de Programación 195
C.4. Partes de una Posición de Mantenimiento 196
C.5. Datos de Cabecera Posición de Mantenimiento 196
C.6. Estructura de codificación del plan de mantenimiento 197

Capítulo I

Generalidades y Planteamiento del problema

1. Introducción

La minería constituye uno de los pilares estructurales de la economía chilena, con una participación del 22 % del Producto Interno Bruto nacional en 2024 (Consejo Minero, 2026).

Chile posee el 18 % de las reservas mundiales de cobre, lo que le permitió alcanzar en 2025 una producción superior a 5.400 miles de toneladas métricas de cobre fino (Consejo Minero, 2026), equivalente al 22 % de la producción global.

El cumplimiento de este rol se sustenta en una extensa y compleja **infraestructura industrial** distribuida a lo largo del país, la cual, desde la perspectiva empresarial, corresponde a **activos**, entendidos como recursos o bienes con valor económico adquiridos para generar beneficios futuros. La adecuada administración de estos activos es fundamental para asegurar la sostenibilidad del negocio y su contribución al desarrollo nacional, lo que hace imprescindible una sólida **gestión de activos**.

De acuerdo con lo señalado en *Manual de gestión de activos y mantenimiento*, "la gestión de activos en el ámbito de la producción, es un término adoptado como un rótulo para la gestión integral de la infraestructura industrial durante toda su vida útil. En la práctica, es la rama de la actividad empresarial que involucra los procesos de inversión y renovación de equipos industriales, su operación, mantenimiento y el manejo de los materiales y recursos asociados".

Dentro de este marco, la **gestión de mantenimiento** corresponde al conjunto de acciones técnicas, administrativas y organizativas orientadas a maximizar la disponibilidad de los equipos al mínimo costo global. En esta empresa, el mantenimiento representa aproximadamente el 28 % de los costos operacionales *Sistema Operativo de Mantenimiento (SOMA)* y constituye uno de los principales factores asociados a pérdidas productivas.

En este contexto, la mejora continua se posiciona como un elemento central dentro de la gestión de mantenimiento. Mediante metodologías estructuradas, permite desarrollar innovación incremental hasta lograr la excelencia operacional, optimizando procesos a través de la eliminación sistemática de desperdicios y la generación de valor (Daniel T. Jones, 2003).

El presente trabajo de Memoria de Titulación se desarrolló en una empresa minera de cobre, ubicada en la Región de Valparaíso. **Idea:** Consiste en primero una **investigación orientada a la identificación de oportunidades de mejora** en la gestión de mantenimiento, para posteriormente **aplicar metodologías de mejora continua destinadas a reducir las brechas identificadas**

que generen el mayor impacto positivo, culminando el trabajo con una propuesta concreta a la división, y un plan de acción, contribuyendo a la optimización de la gestión de activos y al aumento del nivel de madurez en la gestión de mantenimiento.

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

Evaluar la gestión de mantenimiento de la Empresa Minera de Cobre y su evolución respecto a los lineamientos del Sistema Operativo de Mantenimiento (SOMA), identificando brechas y proponiendo acciones que contribuyan al fortalecimiento de la mejora continua en la división.

2.2. Objetivos Específicos

1. **Describir** y **analizar** el entorno operativo, los procesos de la planta y el modelo de gestión de mantenimiento SOMA aplicado en la Empresa Minera de Cobre.
2. **Levantar** y **analizar** información histórica y actual sobre la gestión de mantenimiento y sus evaluaciones de madurez según el modelo SOMA.
3. **Comparar** las prácticas actuales de mantenimiento con los estándares del modelo SOMA para definir la situación actual e ideal (brechas).
4. **Identificar** y **priorizar** las oportunidades de mejora, vinculándolas con los pilares del sistema de mantenimiento.
5. **Determinar** y **analizar** las causas raíz que originan las brechas detectadas.
6. **Generar** y **evaluar** alternativas de solución para seleccionar las más adecuadas frente a las causas identificadas.
7. **Diseñar** un plan de acciones de mejora, orientado a reducir las brechas en la gestión de mantenimiento.

3. Detalle del planteamiento del problema

Considerando la idea planteada, se considera para este trabajo, los siguientes objetivos:

3.1. Preguntas de Investigación

En base a los objetivos planteados, se determinó que el trabajo constará por lo tanto de dos partes, la investigación previa, en la que se cumplirán los primeros cinco objetivos específicos planteados, y luego la segunda parte, en la que se cumplirán los últimos dos. **Cada una de estas partes tendrá distintas metodologías de trabajo**, como se verá en el Capítulo III.

Se formulan, por tanto, las preguntas principales del presente trabajo de investigación, asociadas respectivamente a cada una de sus etapas:

1. **¿Cuál es la oportunidad de mejora en la Gestión de Mantenimiento de la División que, de ser aprovechada, generaría el mayor impacto positivo?**

2. **¿Cuál es la alternativa de solución más adecuada para abordar la oportunidad de mejora seleccionada y cuál es el plan de implementación gradual más apropiado, considerando el contexto operacional y el nivel de madurez de la División?**

Adicionalmente, se plantea la siguiente pregunta complementaria:

¿Es posible mapear la percepción del personal respecto de distintas dimensiones relacionadas con el SOMA y la gestión de mantenimiento, y vincular dichos resultados con las brechas identificadas?

3.2. Justificación de la investigación

El presente trabajo se desarrolla como requisito para optar al título de Ingeniero Civil Mecánico; no obstante, su propósito trasciende el ámbito académico, orientándose a contribuir a la reactivación y fortalecimiento de la mejora continua en la gestión de mantenimiento de la División donde se realiza el estudio.

La investigación busca apoyar la superación de brechas detectadas en la gestión actual, promoviendo prácticas que permitan optimizar la planificación, ejecución y control del mantenimiento. Esto supone un beneficio económico para la División, al favorecer una utilización más eficiente de los recursos y una mejor asignación de horas hombre, así como una reducción de ineficiencias operacionales.

Adicionalmente, la mejora continua impacta directamente en el personal del área, al facilitar la implementación de cambios que simplifiquen los procesos, reduzcan carga administrativa innecesaria y aumenten las condiciones de seguridad tanto en terreno como en actividades de gestión.

El presente trabajo busca **culminar con una propuesta concreta y aplicable que represente una mejora práctica para la gestión de mantenimiento, que trascienda el período de permanencia en la División y que contribuya como consecuencia al aumento del nivel de madurez de la gestión de mantenimiento**, en coherencia con el marco del Sistema Operativo de Mantenimiento.

3.3. Viabilidad de la investigación

El proyecto contempla la identificación y selección de oportunidades de mejora y alternativas de solución que sean técnica, temporal y económicamente viables.

La priorización de soluciones considerará:

- La factibilidad técnica dentro de los límites propios de la especialidad de Ingeniería Civil Mecánica.
- El horizonte temporal acotado a la estadía de seis meses en la División.
- Las restricciones económicas y presupuestarias existentes de la División.

De este modo, las propuestas formuladas serán realistas, implementables de manera gradual y coherentes con las capacidades y recursos disponibles, asegurando su aplicabilidad en el contexto operacional de la División.

4. Carta Gantt

Se determinaron de forma general las actividades necesarias para desarrollar el trabajo, y se desarrolló la siguiente Carta Gantt. Esta hace referencia a los objetivos del trabajo, y establece los plazos para cumplirlos.

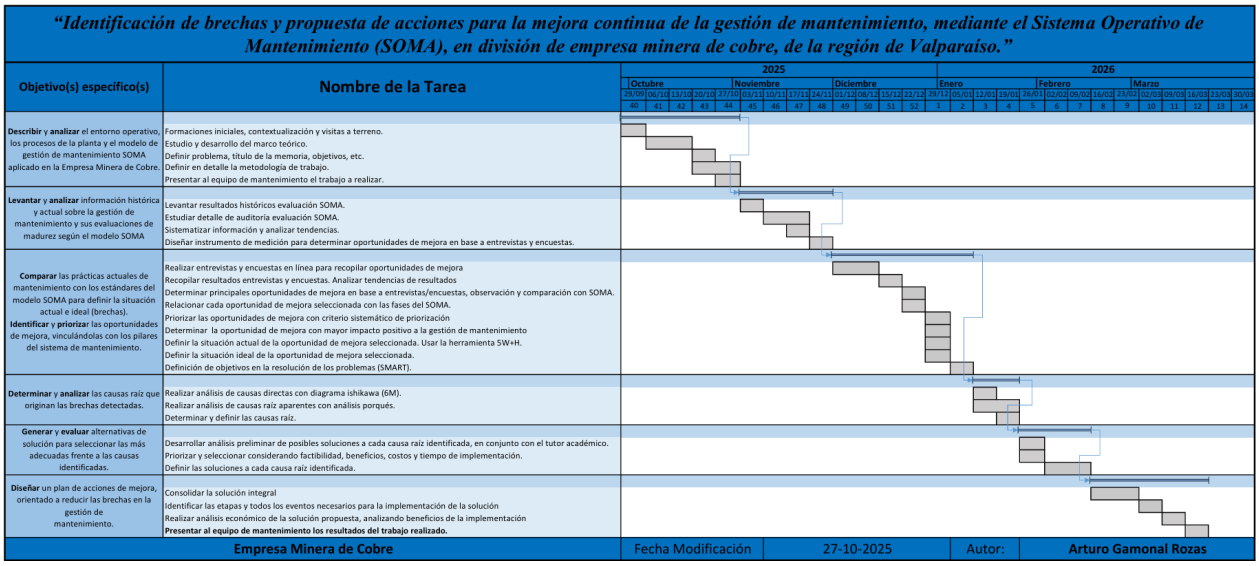


Figura 4.1: Carta Gantt
Fuente: Elaboración propia

5. Antecedentes de la Empresa Minera de Cobre

La Empresa Minera de Cobre es una organización dedicada a la explotación y procesamiento de mineral cuprífero. Tiene operaciones distribuidas a lo largo del territorio en distintas divisiones, las cuales operan con cierto grado de autonomía administrativa, pero bajo lineamientos estratégicos corporativos comunes.

Sus operaciones abarcan tanto la zona norte como la zona centro del país. En el norte, se desarrollan actividades de extracción en minas a rajo abierto y subterráneas, cuya cadena productiva culmina en la obtención de concentrado y cátodos de cobre. En la zona centro, las operaciones también consideran explotación minera en ambos tipos de yacimientos, con producción de concentrado de cobre y ánodos provenientes de procesos de fundición. Posteriormente, estos ánodos son procesados en instalaciones ubicadas en la región de Valparaíso, donde se completa la cadena productiva mediante la obtención de cátodos de cobre electrorrefinados.

De esta forma, la empresa forma parte de uno de los pilares estructurales de la economía nacional. No obstante, la producción de cobre no siempre constituyó el principal motor económico de Chile. Durante el período colonial, su explotación se desarrolló a pequeña escala; sin embargo, tras la independencia en 1810, la producción alcanzaba aproximadamente 19.000 toneladas anuales, iniciando una fase de crecimiento sostenido. Entre 1820 y 1900, Chile acumuló una producción cercana a 2 millones de toneladas, posicionándose como el principal productor mundial de cobre en ese periodo.

A fines del siglo XIX, esta actividad experimentó una etapa de decadencia, influenciada por el

auge de la industria del salitre, que concentró la atención de los inversionistas. Como consecuencia, hacia 1897 la producción de cobre descendió a aproximadamente 21.000 toneladas anuales.

El escenario cambió a comienzos del siglo XX, cuando grandes consorcios internacionales, principalmente de origen estadounidense, comenzaron a invertir en la explotación de yacimientos ubicados en las zonas norte y centro del país, entre 1904 y 1923. Estas inversiones permitieron consolidar la viabilidad económica de la explotación de minerales sulfurados de baja ley, dando origen a la denominada gran minería del cobre.

A partir de la década de 1950, el Estado incrementó progresivamente su intervención mediante reformas legales orientadas a aumentar la tributación y fortalecer la institucionalidad del sector, incluyendo la firma del Convenio de Washington, que otorgó al Estado una participación del 20 % en la producción cuprífera, y la creación del Ministerio de Minería y del Departamento del Cobre, encargados de la coordinación y fiscalización de la actividad.

Un hito relevante en este proceso fue la implementación de la política de "chilenización del cobre" durante el gobierno de Eduardo Frei Montalva (1964), la cual potenció la industria y promovió la participación estatal en la propiedad y gestión de la gran minería a través de asociaciones con capital extranjero, y medidas para realizar la refinación completa del cobre en territorio nacional.

Este proceso culminó el 11 de julio de 1971, cuando el Congreso Nacional aprobó por unanimidad la reforma constitucional que permitió la nacionalización total del cobre, establecida mediante la Ley Nº 17.450. A partir de este momento, el Estado asumió el control de los principales yacimientos del país.

En la actualidad, la explotación del cobre en Chile se desarrolla bajo un esquema mixto, con participación tanto de empresas estatales como privadas. Para el año 2025, la minería estatal representa aproximadamente un 27 % de la producción nacional de cobre fino (Consejo Minero, 2026), evidenciando la coexistencia de ambos sectores en el desarrollo de la principal actividad minera del país.

5.1. Antecedentes de la División

En concreto, la División donde se realizó este trabajo esta ubicada en la Región de Valparaíso, en la zona central de Chile. Históricamente, la división estuvo compuesta por una fundición y una refinería electrolítica, desempeñando un rol relevante dentro del esquema metalúrgico nacional.

Hasta el año 2023, operaba bajo un modelo integrado que comprendía la recepción y procesamiento de concentrados de cobre, la fundición de este material para la producción de cobre blister y posterior moldeo de ánodos, y la refinación electrolítica de estos para la producción de cátodos de cobre grado A (de 99,99 % de pureza). Además, se consideraba la recuperación de subproductos, tales como metales nobles (oro y plata) y ácido sulfúrico.

La fundición cumplía un rol estratégico para la pequeña y mediana minería del país. Aproximadamente la mitad de los concentrados procesados provenían de productores ubicados entre la IV y la VI Región, permitiendo a este segmento acceder a capacidad de fundición nacional. La otra mitad del abastecimiento correspondía a concentrados provenientes de la gran minería, incluyendo material de las demás Divisiones de la zona centro del país.

Este modelo permitía que la División operara con una integración vertical completa: desde la recepción del concentrado hasta la producción de cátodos refinados listos para comercialización internacional.

Sin embargo, en el año 2023 se concretó el cierre definitivo de la Fundición de la División, en el marco de decisiones estratégicas y ambientales adoptadas a nivel corporativo, debido a la situación socioambiental que afectaba a las familias de las comunas del sector, asociada a episodios

de contaminación e intoxicación por emisiones de dióxido de azufre (SO_2).

Con esta medida, la División dejó de procesar concentrados de cobre y cesó la producción de ánodos propios, dejando inoperativa la fundición.

A partir de entonces, la operación se reconfiguró como una refinería electrolítica que procesa ánodos provenientes de otras operaciones. Su abastecimiento se sustenta en las fundiciones de distintas divisiones de la zona norte y centro del país, así como en fundiciones de empresas socias a EMICOB.

Este cambio implicó una transformación significativa en el modelo operacional de la división. Se pasó de una estructura integrada fundición–refinería a una operación enfocada exclusivamente en la etapa de refinación. Lo anterior modificó la logística de abastecimiento, la planificación productiva y los procesos internos de mantenimiento y gestión de activos.

En este nuevo contexto, la gestión de mantenimiento adquiere un rol relevante para asegurar la continuidad operacional de la refinería, optimizando la confiabilidad de los equipos críticos y adaptándose a un esquema de operación distinto al histórico. La redefinición del alcance productivo de la división constituye un elemento clave para comprender el escenario actual en el cual se desarrolla la presente investigación.

5.1.1. Estructura organizacional y organigrama

La estructura organizacional de las divisiones de EMICOB se encuentra definida corporativamente y considera distintos niveles jerárquicos y áreas funcionales. La división es liderada por el **Gerente General**, quien es responsable de dirigir y coordinar integralmente la operación divisional, asegurando el cumplimiento de los lineamientos estratégicos definidos por el corporativo. Asimismo, este cargo permite la coordinación estratégica con otras divisiones y representa a la organización frente al corporativo de EMICOB y entidades externas.

El presente trabajo fue desarrollado en la Superintendencia de Mantenimiento y Proyectos. En particular, el estudio se enfocó en el área de mantenimiento, conocida internamente como Superintendencia de Mantenimiento. Esta área es liderada por el **Superintendente de Mantenimiento (SIM)**, responsable de coordinar las distintas áreas asociadas al mantenimiento de la división, velando por la continuidad operacional, la correcta administración de recursos y el cumplimiento de las estrategias de mantenimiento definidas por la organización.

De acuerdo con lo establecido por SOMA, el área de mantenimiento se estructura en tres áreas fundamentales: **Confiabilidad, Planificación y Ejecución**.



Figura 5.1: Confiabilidad, Planificación y Ejecución
Fuente: *Sistema Operativo de Mantenimiento (SOMA)*

Sin embargo, en esta división las áreas de Confiabilidad y Planificación se encuentran integradas bajo una misma jefatura. Adicionalmente, se incorpora el área de Suministros como parte de la estructura organizacional asociada a mantenimiento. Cada una de estas áreas es liderada por **Ingenieros Jefes**, responsables de gestionar y supervisar los procesos asociados a su área específica, coordinando recursos, personal y actividades técnicas para asegurar el cumplimiento de los objetivos del departamento.

Confiabilidad y Planificación

El área de Confiabilidad tiene como objetivo optimizar el ciclo de vida de los activos, asegurando su capacidad para cumplir las funciones para las cuales fueron diseñados dentro de su contexto operacional, manteniendo adecuados niveles de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad. Esta área se encuentra compuesta por ingenieros y analistas de confiabilidad de distintas especialidades, quienes desarrollan principalmente estudios de criticidad, planes de mantenimiento orientadas a reducir el tiempo medio entre fallas de los equipos y aumentar su disponibilidad, y hacen análisis de fallas.

Por su parte, el área de Planificación tiene como propósito la elaboración y control de programas de mantenimiento que permitan sostener el desempeño esperado de los equipos. Además participa en la creación y habilitación planes de mantenimiento. Esta área considera cargos como ingenieros de planificación, planificadores, analistas de planificación y técnicos en gestión de mantenimiento.

Ejecución

El área de Ejecución tiene como objetivo llevar a cabo de manera eficaz y eficiente las actividades definidas en los programas de mantenimiento, asegurando el cumplimiento de plazos, estándares técnicos y condiciones de seguridad. Asimismo, esta área gestiona las actividades no planificadas que puedan surgir durante la operación de la planta. Dentro de su estructura se consideran cargos como jefes de turno, jefes de terreno, coordinadores y mecánicos, estos últimos responsables de

ejecutar directamente las actividades de mantenimiento mecánico sobre los equipos e instalaciones de la división.

Suministros

El área de Suministros es responsable de gestionar los sistemas de apoyo y abastecimiento energéticos requeridos para la ejecución de mantenimiento. Su estructura considera tanto funciones operativas como técnicas. Por una parte, contempla la administración operativa de estos sistemas de abastecimiento, como el sistema de calderas y abastecimiento de vapor en la refinería. Por otra, incorpora personal técnico especializado encargado de ejecutar actividades de mantenimiento eléctrico e instrumentación, abordando sistemas eléctricos, hidráulicos, neumáticos, de control e instrumentación industrial, incluyendo PLC y otros sistemas asociados.

La interacción entre estas áreas permite conformar la estructura organizacional del área de mantenimiento presentada en el siguiente organigrama.

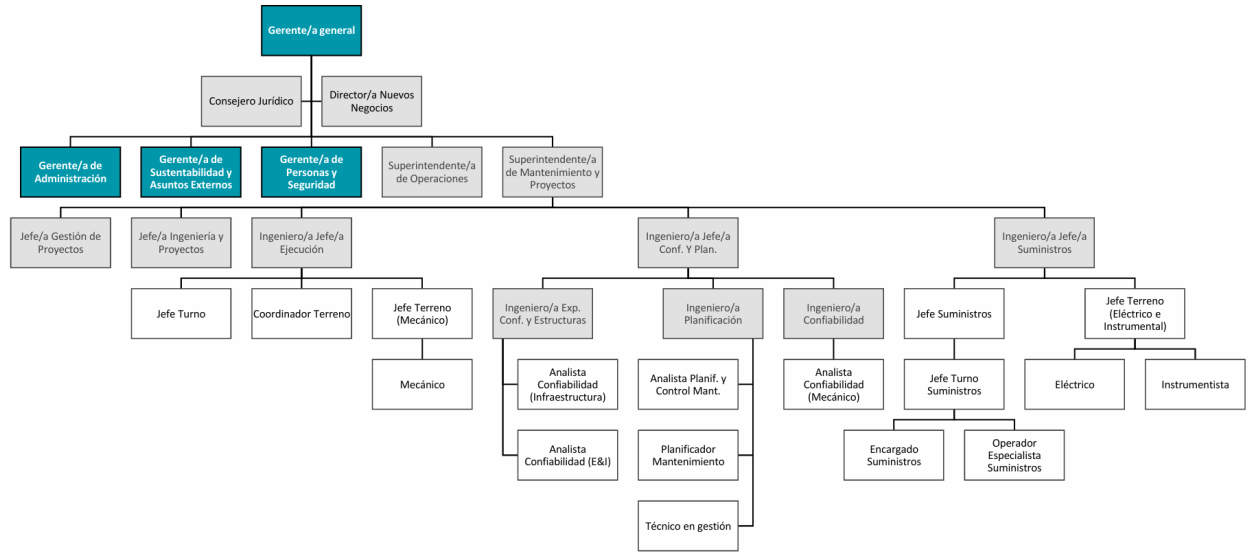


Figura 5.2: Organigrama general con foco en el área de mantenimiento
Fuente: Gerencia de Personas y Seguridad EMICOB

Capítulo II

Marco Teórico

6. Minería de Cobre

El producto final de la minería del cobre en Chile es el cátodo de cobre. Para su obtención, el mineral extraído desde la mina, con una pureza aproximada de 1 %, debe someterse a una serie de procesos que incrementan progresivamente su ley. En primer lugar, se obtiene concentrado de cobre, con una pureza cercana al 30 %. Posteriormente, mediante procesos de fundición, se producen ánodos de cobre que alcanzan una pureza del 99,7 %. Finalmente, a través de la electrorrefinación o electroobtención, se obtienen cátodos de cobre con una pureza de 99,99 %.

Alcanzar este nivel de pureza y cumplir con los estándares de calidad permite optar a la certificación de Grado A de la Bolsa de Metales de Londres, así como al sello Copper Mark, lo que otorga reconocimiento y prestigio al producto final.



Figura 6.1: Nivel de Pureza de Productos de Cobre
Fuente: Elaboración propia

A pesar de presentar una menor concentración de cobre, el concentrado constituye aproximadamente un 60 % de las exportaciones del sector minero nacional (Consejo Minero, 2026).

Adicionalmente, la minería del cobre genera otros subproductos de valor comercial, tales como el molibdeno —recuperado durante el proceso de flotación—, el precipitado rico en cobre, o los elementos obtenidos a partir del procesamiento de este como el oro, plata, selenio, teluro, platino y paladio (ver Sección 7).

En este contexto, la producción de cobre implica una secuencia de etapas que abarca desde la extracción del mineral hasta la obtención de cátodos mediante procesos de electrorrefinación o electroobtención, para minerales sulfurados y oxidados, respectivamente, permitiendo la generación tanto del producto principal como de los subproductos asociados.

1. **Exploración:** Previo a cualquier proceso productivo, se desarrolla la etapa de exploración geológica, cuyo objetivo es identificar y caracterizar la presencia de minerales de cobre en la corteza terrestre. El cobre no se encuentra en estado puro en la naturaleza, sino formando parte de distintos minerales, en variadas concentraciones y asociaciones químicas.

   La localización de estos minerales está determinada por procesos geológicos, lo que permite clasificarlos principalmente en minerales **sulfurados y oxidados**. En condiciones naturales, el cobre se presenta mayoritariamente en forma de sulfuros, es decir, asociado a azufre, representando aproximadamente el 80 % del recurso total. Estos sulfuros primarios son más densos, de tonalidad gris y se encuentran en capas más profundas.

   Al entrar en contacto con oxígeno y aguas meteóricas, que pueden presentar características ácidas, los minerales sulfurados sufren procesos de alteración química que dan origen a minerales oxidados. Este fenómeno ocurre principalmente en zonas cercanas a la superficie y se conoce como lixiviación natural.

   Durante este proceso, parte del cobre contenido en los minerales es disuelto y transportado hacia capas inferiores, lo que provoca una disminución de su concentración en la zona superficial y un enriquecimiento en niveles intermedios. En estas zonas se forman los denominados sulfuros secundarios, caracterizados por una mayor concentración de cobre respecto del material original.

   Como resultado de estos procesos, se genera una zonación vertical conocida como perfil supergénico de alteración del cobre, que refleja la transformación progresiva de los minerales desde la superficie hacia el interior, diferenciándose en distintas capas según su grado de oxidación y enriquecimiento.

   En función de estos antecedentes, la exploración geológica se desarrolla en etapas sucesivas, comenzando con una exploración básica para identificar zonas con potencial mineralógico. Luego, se realiza una exploración intermedia, donde se analizan muestras mediante ensayos para evaluar su mineralización y determinar la concentración del mineral, delimitando las áreas con presencia de cobre. Finalmente, se ejecutan sondajes mediante perforaciones profundas, que permiten caracterizar el yacimiento, estimar su extensión y sustentar su viabilidad técnica y económica.

2. **Extracción:** Primero se saca el mineral del macizo rocoso para llevarlo de forma segura a la planta donde será separado de otros minerales y se obtendrá el cobre más puro. Para ello, se pasa por cuatro etapas fundamentales:

   - Perforación: Se hacen hendiduras en la tierra en las que más adelante se pondrán explosivos
   - Tronaduras: Los explosivos son puestos en estas perforaciones y estos son detonados a control remoto para fragmentar el macizo rocoso.
   - Carguío: Mediante palas y equipos de gran tonelaje se cargan de material recolectado durante los procesos anteriores los camiones u otros equipos para el posterior transporte.
   - Transporte: Los camiones, trenes o correas transportadoras llevan las rocas a su lugar de destino para continuar con el proceso productivo Las rocas extraídas durante este proceso suelen tener un nivel de pureza de cobre menor al 1 %, es por esto, que luego se hacen pasar por una serie de etapas productivas hasta llegar al producto final del proceso productivo de la minería de cobre chilena, el cátodo de cobre de 99,99 % de pureza. Para

ello, primero es necesario reducir el material a distintos tamaños según la naturaleza del proceso.

3. **Chancado** El material extraído tiene un tamaño irregular, puede contener fragmentos de un milímetro hasta otros de más de un metro. El chancado del material consiste en la reducción del tamaño de las rocas para lograr un tamaño uniforme y reducido. Este se hace en tres etapas:

   - Etapa primaria: El chancador primario redice el diámetro máximo de los fragmentos a 8 pulgadas.
   - Etapa secundaria: El chancador secundario reduce el fragmento a un diámetro máximo de 3 pulgadas.
   - Etapa terciaria: Gracias al chancador terciario las rocas llegan a su tamaño final de la etapa de chancado, media pulgada.

   Luego, dependiendo del tipo de mineral que se esté explotando, se requieren distintos procesos:

   a) **Mineral Oxidado de Cobre:** Para los minerales oxidados de cobre, se realizan las siguientes etapas:
      - **Lixiviación:** Se hace lixiviación del material artificialmente. Este consta de un proceso en el que se forman pulas de aproximadamente cinco metros de altura de material y se riegan con una solución de agua con ácido sulfúrico, disolviendo así el cobre contenido en los minerales oxidados, y al drenar se transportan moléculas de cobre en una solución de sulfato de cobre, con mayor concentración.
      - **Extracción por solventes:** Se limpia la solución, removiendo los restos sólidos que podrían haber sido arrastrados, y luego se liberan las impurezas del sulfato de cobre para que pase a una concentración de 9 a 45 gramos por litro, mediante la aplicación de un compuesto de parafina y resina orgánica que captura los iones de cobre de forma selectiva.
      - **Electroobtención:** Similar a la electrorrefinación, es un proceso mediante el cual se recupera el cobre de la solución de sulfato de cobre, y mediante un proceso de electrólisis en el que el ánodo (polo de carga positiva) es la solución misma, los iones del cobre se depositan en el cátodo (polo de carga negativa). Las impurezas contenidas en la solución quedan disueltas y se precipitan para posteriormente ser tratados y recuperar otros

   b) **Mineral Sulfurado de Cobre:** Para el cobre sulfatado, se pasa por los siguientes procesos productivos:
      - **Molienda:** Este se realiza utilizando grandes equipos giratorios, o molinos de forma cilíndrica. Se coloca el material dentro de estos aparatos y se le agrega agua y los reactivos necesarios para la siguiente etapa del proceso (flotación). El resultado es un fluido lechoso que contiene fragmentos triturados de material, llegando a una granulometría de 0,18 milímetros. Se utilizan para esto distintos tipos de molinos, que varían en el método y aparato en el interior encargado de la molienda. Puede ser molino de barras, molino de bolas o el más moderno y eficiente molino SAG.
      - **Flotación:** Corresponde al proceso físico-químico de tensión superficial que separa los minerales sulfurados del metal de otros minerales y especies que componen la

mayor parte de la roca original. Durante el proceso, el mineral molido se adhiere superficialmente a burbujas de aire previamente insufladas, lo que determina la separación del cobre en este caso. En esta etapa se logra aproximadamente una pureza de un 30 %. Se separan los subproductos (principalmente molibdeno), y el concentrado final se seca mediante filtros para luego ser llevado a la siguiente etapa del proceso.

- **Fundición:** Luego de hacer un muestreo y análisis de laboratorio del concentrado de cobre, el material es llevado a hornos de fundición, donde se expone a una temperatura de 1200[°C], proceso que se conoce como fusión. Cuando el concentrado pasa a estado líquido, los elementos que lo componen se separan naturalmente según su peso, logrando que los materiales más livianos queden en la parte superior del fundido (escoria), mientras que el cobre queda en el fondo. Posteriormente se realiza lo que se conoce como conversión, un proceso que mediante combinaciones químicas se separa el cobre de los residuos del proceso, y posteriormente la pirorrefinación, donde se extraen los restos de oxígeno, obteniendo lo que se conoce como "cobre blíster" que alcanza aproximadamente un 99,7 % de pureza. Posteriormente, gracias a las ruedas de moldeo, este material se moldea en planchas de cobre conocidas como ánodos.
- **Electrorrefinación:** En esta fase los ánodos obtenidos de la fundición se disuelven en celdas electrolíticas con una solución de ácido sulfúrico y agua, y gracias a la aplicación de corriente eléctrica se forman cátodos de cobre de 99,99 % de pureza, listos para ser comercializados en el mercado mundial.

Por lo tanto, el proceso de producción de cátodos de cobre, el producto final de la minería chilena, se puede representar con el siguiente diagrama:

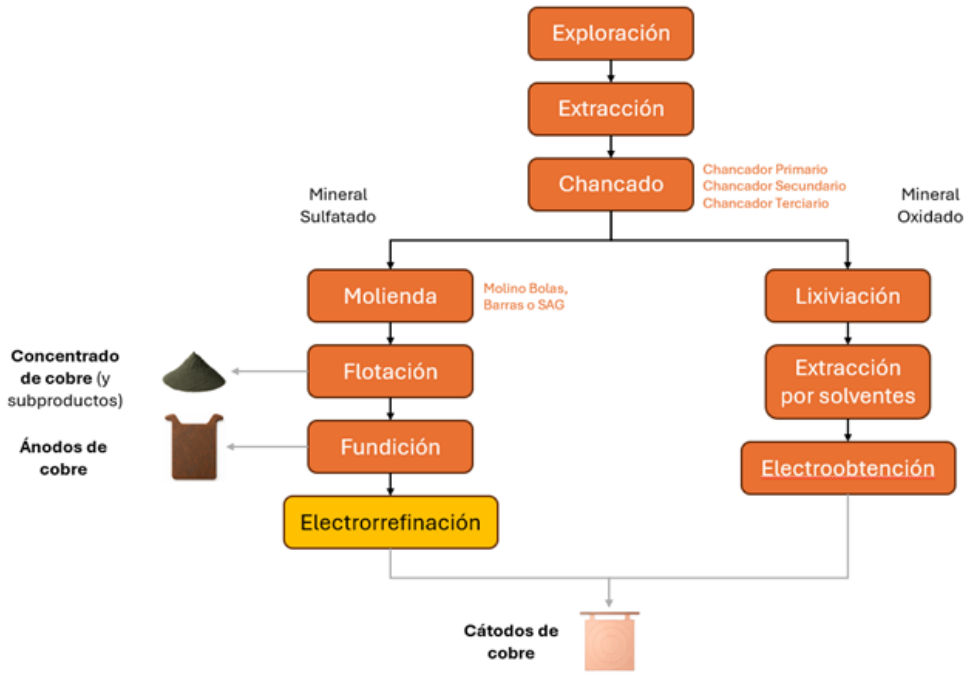


Figura 6.2: Proceso Productivo del Cobre
Fuente: Elaboración propia

De esta manera, es posible comprender la relevancia del proceso de electrorrefinación de ánodos en la obtención de cátodos grado A dentro de la cadena productiva del cobre en Chile, así como el rol fundamental que cumple la instalación donde se desarrolla el proyecto en el proceso productivo general.

7. Electrorrefinación

Se coloca alternadamente un ánodo y un **cátodo inicial** en las denominadas celdas electrolíticas, sumergidas en una solución de ácido sulfúrico y agua (a 60 - 65°C) , por las que se les hace pasar corriente eléctrica. Mediante este proceso electrometalúrgico, se disuelve el ánodo, y los iones de cobre que migran se depositan en los cátodos (Universidad de Santiago de Chile, 2020).



Figura 7.1: Ánodos y Cátodos de Cobre
Fuente: Sitio web de EMICOB

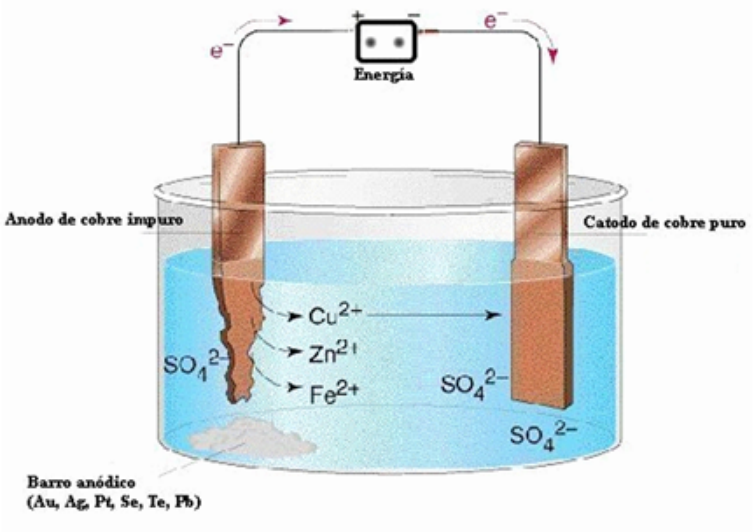


Figura 7.2: Electrorrefiniación de Cobre
Fuente: "Electrometalurgia", Universidad de Santiago de Chile

De esta manera, los ánodos que tienen un 99,7 % de concentración de cobre de la etapa de fundición se transforman en cátodos con 99,99 % de pureza. Esa diferencia de 0,3 % corresponde al denominado precipitado rico en cobre, o "barro anódico". Este contiene las impurezas del ánodo, que contiene oro, plata, selenio, paladio y platino, por lo que se transforma en un subproducto del proceso, y es vendido a plantas que recuperan estos metales para.... En mejillones

El cátodo inicial -el que ingresa en primera instancia a la celda electrolítica con el ánodo- corresponde a una fina plancha de cobre electrolítico de aproximadamente dos milímetros de espesor. Se fabrica en una parte de la refinería, mediante la deposición electrolítica de ánodos hojas madre (ánodos HM) sobre planchas de titanio aceitadas en celdas electrolíticas especiales. El depósito catódico se acumula a ambos lados de estas láminas, hasta lograr el espesor deseado. Esta lámina se le conoce como **lámina inicial** o "hojas madre". Esta se despega de la plancha de titanio con la **máquina despegadora de lámina** o de forma manual, y es llevado a la **máquina fabricadora de cátodo inicial**, donde se prensan, se cortan los bordes, se le ponen las orejas y el tubo de cobre superior.

Adicionalmente se suelen agregar sustancias que retardan o impiden el proceso catódico, mejoran la morfología de los cátodos de cobre. A estas sustancias se les denomina "aditivos".

En el fondo de las celdas electrolíticas se encuentra un orificio que permite extraer el **precipitado rico en cobre** o "barro anódico", un subproducto del proceso. Antiguamente, este se procesaba directamente en la planta, pero actualmente se comercializa para ser procesado en una planta de metales nobles externa para la recuperación de oro, plata, selenio, teluro, platino y paladio.

Luego de este proceso, el 15 % restante del ánodo que contiene únicamente las orejas y pequeña parte de la hoja del cátodo original se le conoce como SCRAP (también es considerado scrap los ánodos con imperfecciones en su geometría, como orificios, falta de paralelismo, etc.). Estos son reprocesados en el **refino a fuego**, fundiéndose en el horno de refino y moldeados en la rueda de moldeo para crear ánodos y volver a ingresarlos al proceso.

Este proceso toma alrededor de 8 días de duración, y consume alrededor de un 42.5 % del ánodo, por lo que el ánodo restante se vuelve a usar para otro cátodo, es decir, un ánodo permite obtener dos cátodos.

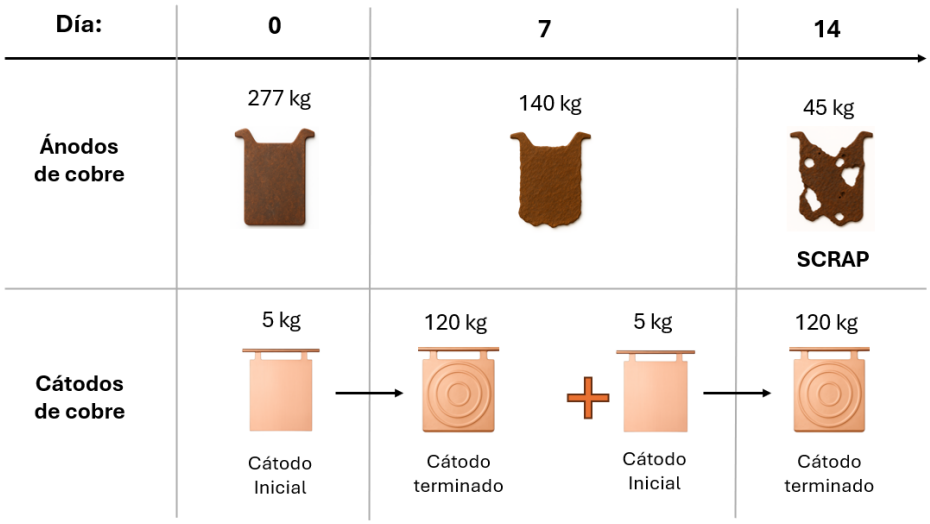


Figura 7.3: Diagrama Temporal de Consumo Ánodos y Cátodos
Fuente: Elaboración propia

Para este proceso resulta sumamente relevante las siguientes máquinas críticas:

- **Rectificadores:** Corresponden a seis equipos encargados de suministrar energía eléctrica a distintos sectores de la refinería, transformando la corriente alterna que suministra a la planta en corriente continua requerida para el proceso.
- **Bombas de circulación:** Permiten el flujo continuo del electrolito en los distintos circuitos de la refinería, asegurando las condiciones necesarias para el proceso de electrorefinación.
- **Máquina Preparadora de Ánodos (MPA):** Acondiciona los ánodos para su ingreso a las celdas electroquímicas, ya sea mediante verificación o modificación de sus características. Entre sus funciones se incluyen la corrección de paralelismo y el mecanizado de orejas, mejorando el contacto eléctrico con la celda.
- **Máquina Despegadora de Lámina (MDL):** Actualmente inoperativa, permitía separar la lámina inicial generada a partir de la plancha de titanio en el proceso de refinería, para su posterior procesamiento como cátodo inicial. Actualmente este proceso se hace de forma manual.
- **Máquina Fabricadora de Cátodo Inicial (MFCI):** Son dos máqunas, cada una conformada por múltiples equipos automatizados en serie, que procesan las láminas iniciales o hojas madre, otorgándoles el formato de cátodos iniciales. Entre sus operaciones se incluyen el recorte de bordes, conformación de orejas, remachado, e inserción de un tubo de cobre.
- **Horno de refino:** Equipo perteneciente al proceso de refino a fuego, que utiliza gas como combustible para fundir el *scrap* y permitir la generación de nuevos ánodos.
- **Rueda de moldeo:** También parte del refino a fuego, permite moldear el material fundido proveniente del horno para la formación de ánodos de cobre.
- **Planta de Tratamiento de Precipitado de Refinería Rico en Cobre (PTPRRC):** Antiguamente destinada a la recuperación de metales nobles como oro y plata a partir del precipitado de refinería. Actualmente, su función se limita al secado de este material para su posterior comercialización.

El siguiente diagrama representa de manera esquemática el proceso general de la empresa en estudio. En él se muestra el abastecimiento de ánodos, tanto de hojas madre como de ánodos destinados a refinería, la fabricación de cátodos iniciales y el acondicionamiento de ánodos para su ingreso al proceso de electrorefinación. Asimismo, se ilustra la producción de cátodos de cobre, el tratamiento del precipitado rico en cobre en la PTPRRC y la recuperación de *scrap*, el cual es reprocesado en el refino a fuego para la generación de nuevos ánodos que se reincorporan al proceso.

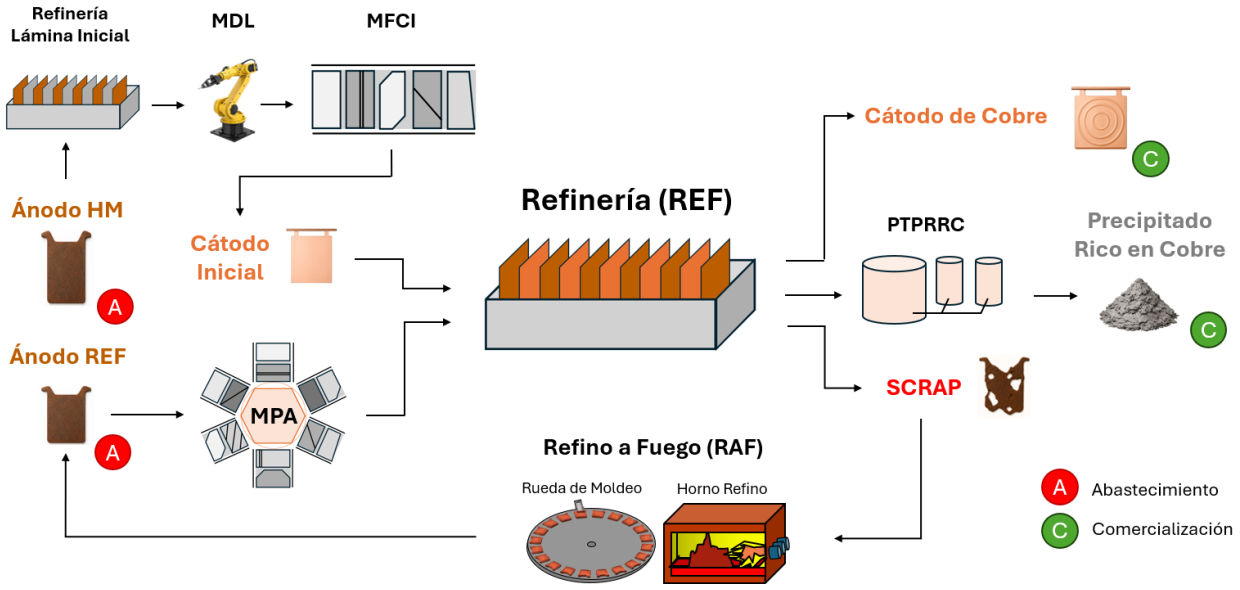


Figura 7.4: Diagrama de proceso general de la división
Fuente: Elaboración propia

8. Ingeniería de Mantenimiento

La ingeniería de mantenimiento tiene como objetivo desarrollar procesos de mejora continua en el mantenimiento, apoyándose en los siguientes pilares:

- **Definición del contexto operacional:** Se utiliza la herramienta 6M (Diagrama de Ishikawa, ver Sección 12) para caracterizar la organización en las dimensiones de Mano de Obra, Medio Ambiente, Máquinas, Materiales, Método y Mediciones.
- **Conocimiento del área:** Requiere la participación de equipos multidisciplinarios que integren el conocimiento experto de quienes dominan el proceso.
- **Identificación de brechas y oportunidades:** Se enfoca en detectar de forma sistemática oportunidades de mejora con alto impacto en la gestión de mantenimiento.
- **Análisis cualitativo y cuantitativo:** Permite evaluar continuamente el desempeño del mantenimiento y sustentar la identificación de brechas.

De esta manera, el mantenimiento permite mejorar la **Integridad Operacional**, al establecer el nivel de **Confiabilidad operacional** óptimo necesario.

La Integridad Operacional se compone de cuatro dimensiones:

- **EBITDA:** Acrónimo en inglés para Earnings Before Interests,Taxes, Depreciation, Amortizations. Es decir, ingresos previo a intereses, impuestos, depreciación y amortización. Es un indicador financieron que mide la rentabilidad operativa bruta de una empresa y el potencial económico de un negocio.

- **Competitividad:** Se refiere a la capacidad de una empresa de poder suministrar un bien en el momento oportuno, de una cierta calidad a un precio menor que el de las empresas con las cuales compite (calidad, costo, oportunidad).
- **Sostenibilidad y Sustentabilidad:** Hacen referencia respectivamente a que tan sostenible en el tiempo es el negocio, equilibrando necesidades actuales y futuras, y a la manera en que la empresa se sustenta con un enfoque en la conservación de recursos en el largo plazo. Ambas tienen un enfoque en el cuidado del medio ambiente, tanto a corto y largo plazo.
- **HSEC:** Acrónimo para Health, Security, Enviroment, Comunity, y se usa para indicar que una industria no puede operar si no se respeta la salud y seguridad de sus trabajadores, el medio ambiente, y la comunidad que la rodea.

La **Confiabilidad Operacional**, que se define con sus cuatro componentes:

- **Confiabilidad Humana:** Hace referencia a las competencias de las personas, como su liderazgo, efectividad de comunicación, y la medida en que estas competencias se manifiesten efectivamente en beneficio de la organización.
- **Confiabilidad de Procesos:** Se refiere a la manera en que los equipos trabajan entre si, su tipo de configuración, como equipos en stand by, para asegurar la continuidad de la operación ante fallas.
- **Confiabilidad de Equipos:** Corresponde a la probabilidad de que el equipo cumpla sus funciones en su contexto operacional. Se suele mejorar desde la inversión en automatización de estos, o desde herramientas que facilitan su operatividad como Poka Yoke (ver Sección 11).
- **Mantenibilidad:** Hace referencia a la efectividad, eficiencia y seguridad de las tareas de mantenimiento. Su indicador principal es el Tiempo Medio de Reparación (MTTR por sus siglas en inglés. Se puede mejorar desde la disponibilidad de herramientas, máquinas e infraestructura para agilizar el mantenimiento, o desde mejorar la agilidad de la gestión de mantenimiento previa a la ejecución.

Al gestionar la confiabilidad de cada uno de estos componentes, es posible influir en la confiabilidad operacional del sistema. Un mayor nivel de confiabilidad implica mayores costos asociados a su implementación; sin embargo, reduce los costos derivados de ineficiencias operacionales. Esto permite definir un nivel óptimo de confiabilidad operacional, el cual se alcanza cuando la suma de los costos asociados es mínima, tal como se ilustra en la siguiente figura:

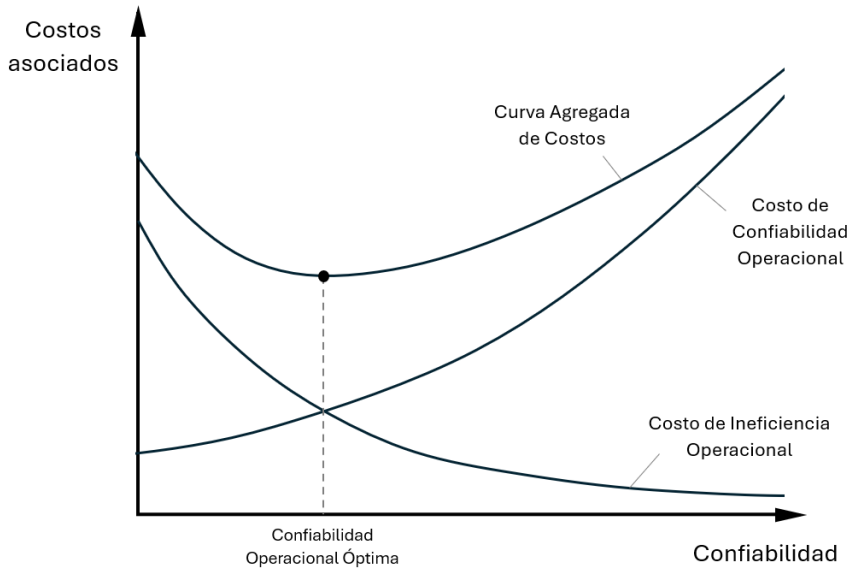


Figura 8.1: Curva agregada de costos según confiabilidad
Fuente: Elaboración propia en base a clases de Ingeniería de Mantenimiento MEC382

Todos estos conceptos se relacionan entre sí según la siguiente figura.



Figura 8.2: Integridad Operacional y Confiabilidad Operacional
Fuente: Elaboración propia en base a clases de Ingeniería de Mantenimiento MEC382

Existen diversas herramientas utilizadas en la gestión del mantenimiento, que abarcan tanto modelos de gestión como metodologías para la definición de estrategias. A continuación, se presentan los más utilizados en la industria:

- **Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM):** Metodología estructurada que permite definir las intervenciones de mantenimiento en función de la función del activo y su contexto operacional. Se basa en el análisis cualitativo y cuantitativo realizado por equipos multidisciplinarios de expertiz.
- **Mantenimiento Basado en Riesgos (RBM):** Enfoque que asigna recursos de mantenimiento en función del riesgo de falla de los activos, utilizando análisis probabilísticos basados en datos históricos para priorizar intervenciones.
- **Mantenimiento Productivo Total (TPM):** Estrategia de gestión de origen japonés basada en los principios de LEAN y KAIZEN (ver Sección 11), orientada a eliminar desperdicios y maximizar la eficiencia de los equipos, promoviendo objetivos como "cero fallas, cero detenciones y cero defectos". Incorpora la participación activa de los operadores en tareas básicas de mantenimiento.

Dado que el RCM es la metodología utilizada en EMICOB para el desarrollo de estrategias de mantenimiento según el Sistema Operativo de Mantenimiento, se desarrolla en detalle a continuación.

8.1. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)

Según Moubray, en su libro *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (Edición en Español)*, el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad es un proceso utilizado para determinar qué se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual.

Formula siete preguntas acerca del activo o sistema que se intenta revisar:

1. **¿Cuales son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?**: Se determina qué es lo que los usuarios quieren que haga el activo físico definiendo sus **funciones**, ya sea primarias o secundarias, y se asegura de que pueda hacerlo mediante estableciendo **parámetros de funcionamiento**.
2. **¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones?**: Se identifican las circunstancias o eventos que pueden causar que el activo no pueda cumplir una función de acuerdo al parámetro de funcionamiento que el usuario considera aceptable. Esto se conoce como **falla funcional**.
3. **¿Cuál es la causa de cada falla funcional?**: Se identifican los hechos que de manera razonablemente posible puedan haber causado cada estado de falla. Se denominan **modos de falla**.
4. **¿Qué sucede cuando ocurre cada falla?**: Se describe lo que ocurre en el activo físico con cada uno de los modos de falla. Se le conoce como **efectos de falla**.
5. **¿En qué sentido es importante cada falla?**: Establece de qué manera cada una de estas fallas puede afectar a la organización de algún modo, para priorizarlas y focalizar la atención sobre las que tienen mayor efecto sobre su desempeño. Establece cuatro grupos de consecuencias:

a) **Consecuencias de fallas ocultas:** No tienen un impacto directo, pero exponen a toda la organización a fallas múltiples con consecuencias serias y hasta catastróficas.

b) **Consecuencias ambientales y para la seguridad:** Tiene consecuencias sobre la seguridad si es posible que cause daño o la muerte de alguna persona. Tiene consecuencias ambientales si infringe alguna normativa o reglamento ambiental tanto corporativo, regional, nacional o internacional.

c) **Consecuencias Operacionales:** Una falla tiene consecuencias operacionales si afecta a la producción (cantidad, calidad del producto, atención al cliente, o costos operacionales además del costo directo de la reparación)

d) **Consecuencias no Operacionales:** Las fallas que caen en esta categoría no afectan a la seguridad ni la producción, solo implican el costo directo de la reparación.

6. **¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?** Con motivo de manejo de fallas, se crean **tareas proactivas**, que se emprenden antes de que ocurra una falla, para prevenir que el ítem llegue al estado de falla. Abarcan lo que se conoce tradicionalmente como mantenimiento predictivo o preventivo. Reconoce tres categorías de tareas proactivas:

   a) **Tareas de reacondicionamiento cíclicas y sustitución cíclicas:** Implica refabricar un componente o reparar un conjunto antes de un límite de edad específico, sin importar su condición en ese momento.

   b) **Tareas de sustitución cíclicas:** De manera similar a la categoría anterior, las tareas de sustitución cíclica implican sustituir un componente antes de un límite de edad específico, más allá de su condición en ese momento.

   c) **Tareas a condición:** Se realizan ante la detección de una **falla potencial**, que se define como condiciones físicas identificables que indican que una falla funcional está por ocurrir o están en proceso de ocurrir.

   Además, establece seis patrones de falla. Se representan estos patrones en la siguiente figura, con la probabilidad condicional de la falla en el eje vertical y con relación a la edad operacional del activo físico en el eje horizontal.

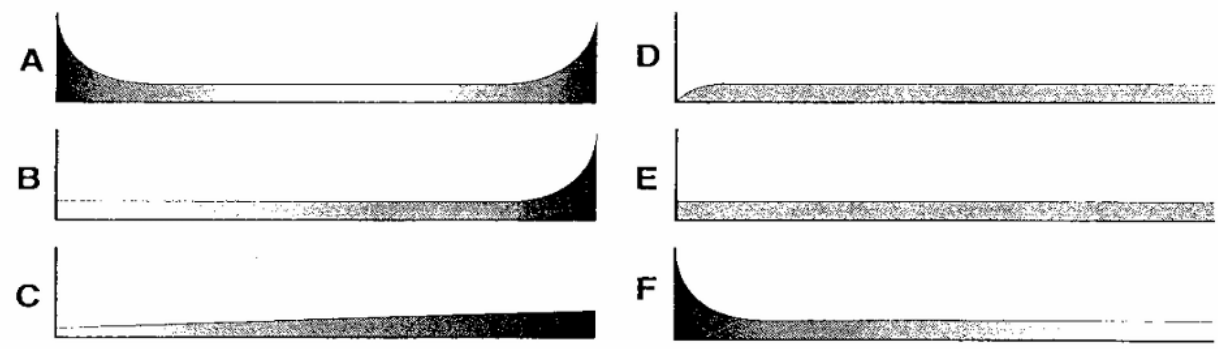


Figura 8.3: Seis patrones de falla
Fuente: *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (Edición en Español)*

7. **¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?** Se definen **acciones a falta de**, que tratan directamente con el estado de falla y son elegidas cuando no es posible identificar una tarea proactiva efectiva. Reconoce tres categorías

   a) **Búsqueda de fallas:** Impica revisar periódicamente funciones ocultas para determinar si han fallado.

   b) **Rediseño:** Implica hacer cambios de una sola vez a las capacidades iniciales del sistema, como modificaciones al equipo o a los procedimientos.

   c) **Ningún mantenimiento programado:** No se hace esfuerzo alguno en tratar de anticipar o prevenir los modos de falla y se deja que la falla simplemente ocurra, para luego repararla

8.1.1. Análisís de Modos y Efectos de Falla (AMEF)

También conocido como Análisis de Modos de Falla y sus Efectos, o RCM Agilizado según SOMA, corresponde a una metodología estructurada para desarrollar el análisis RCM en un formato que facilita y agiliza su aplicación. Mantiene los mismos principios y etapas del RCM tradicional, pero organiza la información en una tabla que descompone el equipo en sistemas, subsistemas y componentes.

En este formato se identifican las funciones y parámetros de desempeño, las fallas funcionales asociadas y los distintos modos de falla. Asimismo, se analizan sus efectos y consecuencias, los cuales son evaluados mediante una valoración numérica de severidad, ocurrencia y detectabilidad.

Para realizar esta evaluación cuantitativa, se emplean escalas predefinidas que permiten estandarizar el análisis y facilitar la comparación entre distintos modos de falla. Estas escalas describen cualitativamente la severidad del efecto, en función de la posibilidad de recuperación y del impacto sobre las personas, así como la frecuencia de ocurrencia de la falla. Adicionalmente, consideran la detectabilidad del efecto en función del tipo de falla. Cada una de estas categorías se asocia a un valor cuantitativo, generalmente en una escala de 1 a 10.

Los valores asociados a estas tres variables permiten calcular finalmente un indicador denominado RPN (Risk Priority Number), que representa el nivel de riesgo asociado al modo de falla.

$$\text{RPN} = S \times P \times D$$

donde:

- S: Valor de Severidad según escala definida.
- P: Valor de Probabilidad según escala definida.
- D: Valor de Detectabilidad según escala definida.

Este valor es calculado para cada modo de falla, y debe ser considerado en la prioridad de atención de cada una y en la determinación de las acciones correctivas de mantenimiento.

9. Sistema Operativo de Mantenimiento

El Sistema de Operación de Mantenimiento, o SOMA, corresponde al modelo de gestión del mantenimiento utilizado en todas las divisiones de EMICOB. Este contiene el conjunto de estándares

asociados a las etapas en la gestión del mantenimiento, la estructura organizacional de la Superintendencia de Mantenimiento, los procesos, entre otros, para mejorar los indicadores de desempeño, aumentar coeficiente de marcha y reducir costos a través de la optimización de la gestión de activos. Está alineado con el Sistema de Gestión Organizacional de EMICOB C+.

9.1. Descripción de las capas

Este modelo se estructura en 5 capas, que representan los distintos niveles de profundidad de la información. Estas son:

Capa 0: Política de Mantenimiento

Conformada por nueve puntos, que buscan asegurar la confiabilidad de los activos de EMICOB, maximizar los coeficientes de marcha y dar sustentabilidad a los planes de producción.

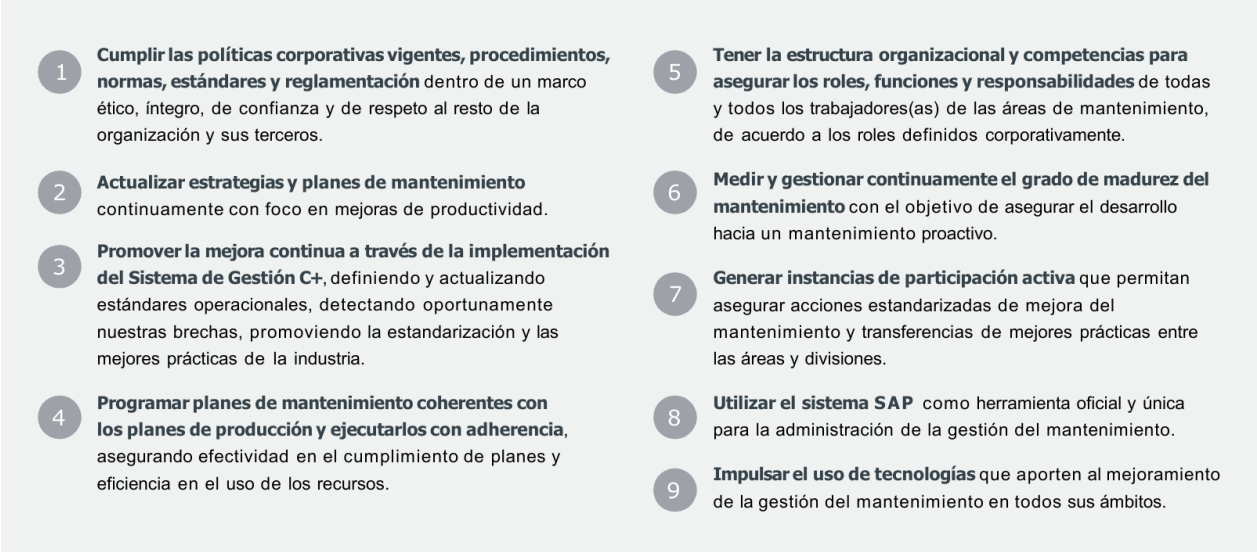


Figura 9.1: Política de Mantenimiento
Fuente: *Sistema Operativo de Mantenimiento (SOMA)*

Capa 1: Fases del Sistema Operativo de Mantenimiento

El Sistema Operativo de Mantenimiento se compone de ocho fases. Estas van desde la Fase A hasta la Fase H, siendo desde la A hasta la E las fases correspondientes a las distintas etapas en el ciclo de vida de un activo, y las tres últimas fases, F, G y H son transversales a todo el ciclo de vida del activo:



Figura 9.2: Fases del Sistema Operativo de Mantenimiento
Fuente: *Sistema Operativo de Mantenimiento (SOMA)*

Capa 2: Ciclo de Mantenimiento

El Ciclo de Mantenimiento contiene las actividades que se realizan periódicamente en el día a día. De manera general, se realiza la planificación y ejecución de la carta de actividades previamente identificadas, de acuerdo con la estrategia de mantenimiento previamente definida. Este ciclo se repite periódicamente con una frecuencia dependiendo del contexto operativo de cada división, puede ser cada una o dos semanas. Los procesos del ciclo de mantenimiento son los siguientes:



Figura 9.3: Ciclo de Mantenimiento
Fuente: *Sistema Operativo de Mantenimiento (SOMA)*

Capa 3: Proceso

Cada una de las fases del Sistema Operativo de Mantenimiento, así como los distintos subprocesos del ciclo de mantenimiento, cuentan con flujos de proceso que permiten comprender la interacción y conexión entre sus etapas. Estos se representan mediante flujogramas o mapas de proceso. Como ejemplo, se presenta el flujograma mostrado en la Figura 9.9.

Capa 4: Estándares

En línea con la aplicación de las prácticas corporativas, las etapas más relevantes de cada proceso se encuentran reguladas mediante estándares. Estos deben seguir un formato previamente definido y mantenerse actualizados bajo un enfoque de mejora continua.

9.2. Descripción de las fases

Las fases que componen el Sistema Operativo de Mantenimiento son las siguientes:

9.2.1. Fase A: Fase de inversión proyectos

Esta fase busca asegurar la correcta y oportuna aplicación de la norma NCC30, una Norma Corporativa de EMICOB, que establece los lineamientos generales en cuanto a Mantenibilidad y Confiabilidad de los activos en Proyectos de Inversión, para asegurar que las fases Pre-Inversional e Inversional se establezcan los parámetros de diseño, recursos y/o requerimientos estructurales, sistémicos y logísticos que permitan que los activos cumplan su función durante todo su ciclo de vida, a través del mantenimiento, asegurando el negocio global.

Mayor detalle no es relevante a este proyecto.

9.2.2. Fase B: Estudio de criticidad y metas de desempeño

El objetivo de esta fase es determinar la criticidad de los activos y establecer sus metas de desempeño, de manera tal de definir posteriormente una estrategia de mantenimiento acorde a su relevancia operacional.

La criticidad del activo se determina en función de las consecuencias asociadas y de la frecuencia prevista de falla. Para ello, primero se evalúan las posibles consecuencias de una falla en términos de seguridad de las personas, impacto ambiental, producción y costos de mantenimiento, asignando un puntaje a cada uno de estos criterios según la siguiente tabla:

	P1 Seguridad [1]	P2 Medioambiente	P3 Producción	P4 Costos de mantenimiento
Definición	Consecuencias potenciales que podría tener una falla para la seguridad de las personas hasta las comunidades vecinas.	Consecuencias sobre el medioambiente - en las instalaciones de Codelco o en áreas próximas - para el aire, el agua y/o la tierra.	Pérdidas o paradas de producción que pueden ocurrir como consecuencias potenciales de una falla.	Costos de mantenimiento en los cuales se incurre para restituir la función afectada por la ocurrencia de la falla.
Evaluación de impacto	40 pts. | Riesgo de accidente con fatalidades múltiples.	40 pts. | Riesgo de daño medioambiental severo y de largo plazo.	12 pts. | Pérdida de producción mayor a un día.	10 pts. | Costos muy altos (ej.: sobre los USE 500.000)
	38 pts. | Riesgo de accidente con una fatalidad.	32 pts. | Riesgo de daño de largo plazo.	8 pts. | Pérdida de producción entre 12 horas y un día.	8 pts. | Costos altos (ej.: entre USE 100.000 y USE 500.000)
	30 pts. | Riesgo de accidente con discapacidad permanente.	28 pts. | Riesgo de daño de corto plazo.	4 pts. | Pérdida de producción de entre dos y 12 horas.	5 pts. | Costos medios (ej.: entre USE 50.000 y USE 100.000)
	12 pts. | Riesgo de accidente con tiempo perdido.	10 pts. | Riesgo de daño medioambiental menor.	2 pts. | Pérdida de producción de hasta dos horas.	2 pts. | Costos bajos (ej.: entre USE 10.000 y USE 50.000)
	0 pts. | Sin riesgo para las personas.	0 pts. | Sin daño al medioambiente.	0 pts. | Sin pérdida de producción.	1 pt. | Costos muy bajos (ej.: USE 10.000)

Puntaje de evaluación: P1 +P2 +P3 +P4

Figura 9.4: Puntaje de Consecuencia
Fuente: *Sistema Operativo de Mantenimiento (SOMA)*

La suma de estos puntajes permite obtener el valor total de consecuencia. Luego, considerando este resultado y la frecuencia prevista de falla, se determinan los indicadores de consecuencia y frecuencia, según las siguientes tablas :

Puntaje de evaluación de consecuencias	Indicador de consecuencias	Frecuencia de ocurrencia de falla	Indicador de frecuencia
Consecuencia total sobre 38	6	Ocurren fallas diariamente	6
Consecuencia total mayor o igual a 28 y menor a 38 o consecuencia en producción igual a 12	5	Ocurren fallas una vez por semana	5
Consecuencia mayor o igual a 20 y menor a 28	4	Ocurren fallas una vez al mes	4
Consecuencia mayor o igual a 10 y menor a 20	3	Ocurren fallas una vez cada seis meses	3
Consecuencia total mayor o igual a 4 y menor a 10	2	Ocurren fallas una vez al año	2
Consecuencia total inferior a 4	1	Ocurren fallas una vez cada 10 años	1

Figura 9.5: Indicador de Consecuencia y Frecuencia
Fuente: *Sistema Operativo de Mantenimiento (SOMA)*

La multiplicación de ambos indicadores permite determinar la criticidad del activo, clasificándolo como de **criticidad alta, media o baja**, de acuerdo con la siguiente tabla:

Puntaje de evaluación de consecuencias	Indicador de criticidad	Indicador ABC SAP
Consecuencia x Frecuencia > 10	Alta	A
4 < Consecuencia x Frecuencia ≤ 10	Media	M
Consecuencia x Frecuencia es ≤ 4	Baja	B

Figura 9.6: Tabla de Criticidad del Equipo
Fuente: *Sistema Operativo de Mantenimiento (SOMA)*

Este cálculo se representa gráficamente de la siguiente manera:

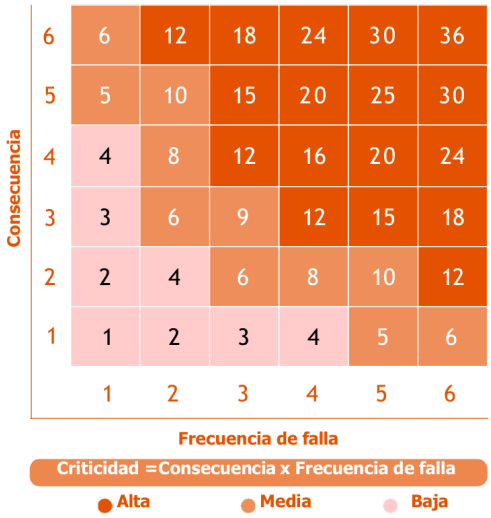


Figura 9.7: Criticidad del Equipo
Fuente: *Sistema Operativo de Mantenimiento (SOMA)*

Adicionalmente, se definen los equipos de **criticidad esencial**, correspondientes a activos que, debido a sus implicancias en salud y seguridad, son clasificados automáticamente como de criticidad alt, pero que además pertenecen a alguna de las siguientes familias definidas por la Corporación:

- Captadores y supresores de polvo (todos los procesos productivos)
- Sistemas contra incendios (detección y extinción en todos los procesos productivos)
- Puentes grúa (todos los procesos productivos)
- Ascensores/elevadores de carga y personas (todos los procesos productivos)
- Equipos de respaldo en sistemas eléctricos (generadores de respaldo, rectificadores y UPS de subestaciones).

Una vez determinada la criticidad de los activos, se establecen las metas de desempeño, utilizando para ello los siguientes indicadores:

METAS DE DESEMPEÑO - EQUIPOS CRITICIDAD ALTA	
Disponibilidad (%)	› Porcentaje de horas nominales en que el activo se encuentra en condiciones mecánicas y/o eléctricas de ser operados.
Disponibilidad aspiracional (%)	› Disponibilidad desafiante pero alcanzable, este valor es menor o igual que el límite técnico y mayor al Plan Anual (P0) establecida para proceso, flota o línea productiva.
TMEF/MTBF (hr)	› Tiempo medio entre fallas.
TMPR/MTTR (hr)	› Tiempo medio para reparar.
Límite teórico	› Rendimiento de diseño de un equipo productivo multiplicado por el tiempo nominal (normalmente 24 horas). No considera actividades propias de la operación.
Límite técnico	› Es la máxima producción que puede entregar un equipo de forma sostenible según sus condiciones operacionales. Para alcanzarlo se requiere una ejecución según diseño, de todas las actividades de planificación, operación y mantenimiento.
OEE	› Razón porcentual que mide la eficiencia productiva de un equipo o sistema. Busca medir en un único indicador la disponibilidad, la utilización y el rendimiento.

Figura 9.8: Metas de Desempeño
Fuente: *Sistema Operativo de Mantenimiento (SOMA)*

9.2.3. Fase C: Plan estratégico y plan matriz

El objetivo de esta fase es definir la estrategia óptima de mantenimiento para cada equipo o componente, de acuerdo con su criticidad y metas de desempeño, y posteriormente plasmar dicha estrategia en SAP PM mediante planes matrices activos y automáticos, o mediante hojas de ruta *stand alone* para estrategias operando a la falla.

En esta fase se establece que debe realizarse un análisis estratégico orientado a identificar los principales modos de falla de los equipos, con el propósito de definir acciones destinadas a eliminarlos, prevenirlos o mitigar sus consecuencias. Este análisis debe ser aplicado especialmente en situaciones relacionadas con:

- Seguridad de las personas.
- Contaminación ambiental por material particulado o derrames de sustancias químicas.
- Fallas catastróficas con impacto significativo en la producción.
- Incremento en la tasa de falla de equipos o procesos que impida cumplir metas operacionales.
- Cambios en las condiciones operacionales, tales como variaciones en dureza del mineral, flujos o porcentaje de sólidos.
- Incorporación o eliminación de equipos y líneas productivas.
- Modificaciones de diseño asociadas a proyectos de mejora, innovación o actualización tecnológica.
- Preservación de activos en almacenamiento.

- Impactos sobre comunidades y reputación corporativa.

Adicionalmente, se establece que los planes de mantenimiento cargados en SAP PM deben mantenerse **activos y en automático**, es decir, vigentes y configurados para generar automáticamente avisos y órdenes de trabajo.

Asimismo, se define que **el desempeño de las estrategias de mantenimiento debe ser monitoreado mediante los siguientes indicadores:**

- Metas de desempeño, tales como OEE, disponibilidad, MTBF y MTTR.
- Desempeño de equipos con fallas crónicas o clasificados como malos actores (Fase H).
- KPI de cumplimiento de plan matriz, correspondiente al porcentaje de órdenes de trabajo generadas por los planes de mantenimiento que son efectivamente ejecutadas.

Para explicar esta fase, SOMA utiliza dos diagramas complementarios. El primero corresponde al proceso general de la Fase C:

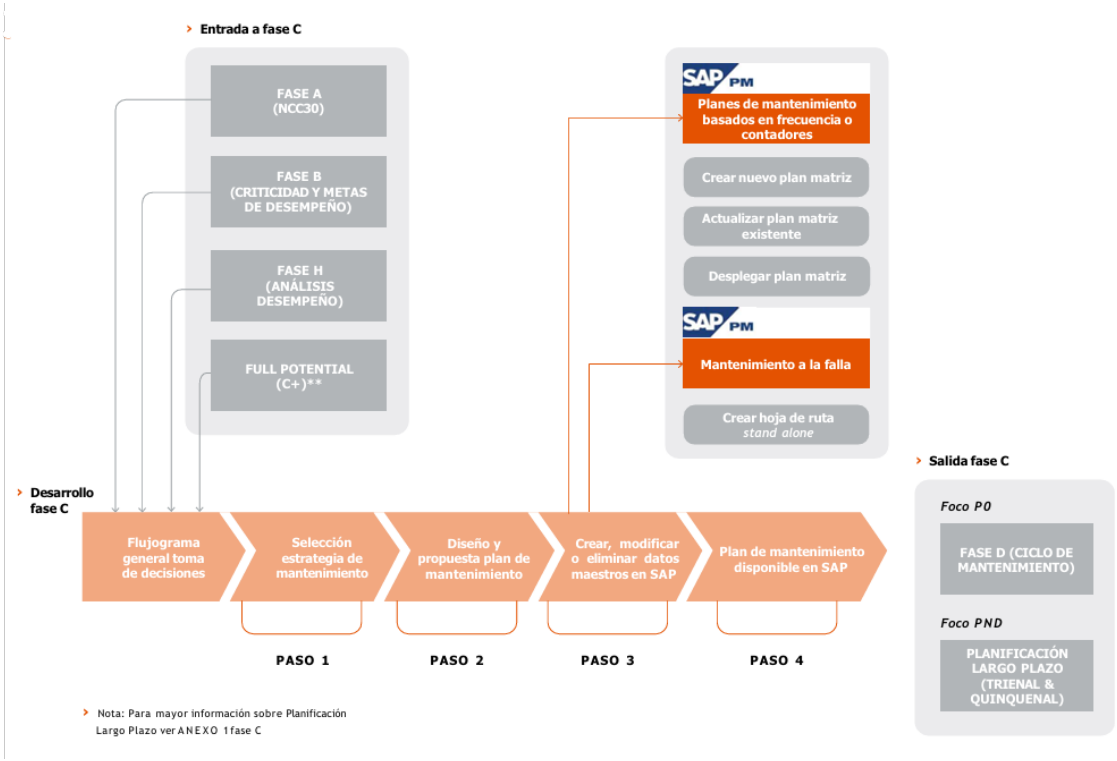


Figura 9.9: Proceso General Fase C

Fuente: *Sistema Operativo de Mantenimiento (SOMA)*

Este diagrama permite identificar las distintas etapas consideradas en la fase, incluyendo la toma de decisiones, la selección de la estrategia de mantenimiento, el diseño y propuesta del plan de mantenimiento, y finalmente la edición de datos maestros y despliegue del plan en SAP PM.

Adicionalmente, el proceso considera como información de entrada los resultados obtenidos en otras fases del Sistema Operativo de Mantenimiento, particularmente la Fase A (Ingreso de Nuevos

Equipos), Fase B (Criticidad y Metas de Desempeño), Fase H (Análisis de Fallas) y Full Potencial, estrategia perteneciente al sistema de gestión C+.

El segundo diagrama corresponde al flujograma general de toma de decisiones, el cual orienta la selección de la estrategia de mantenimiento de acuerdo con la criticidad del equipo y conecta los distintos estándares utilizados en el proceso:

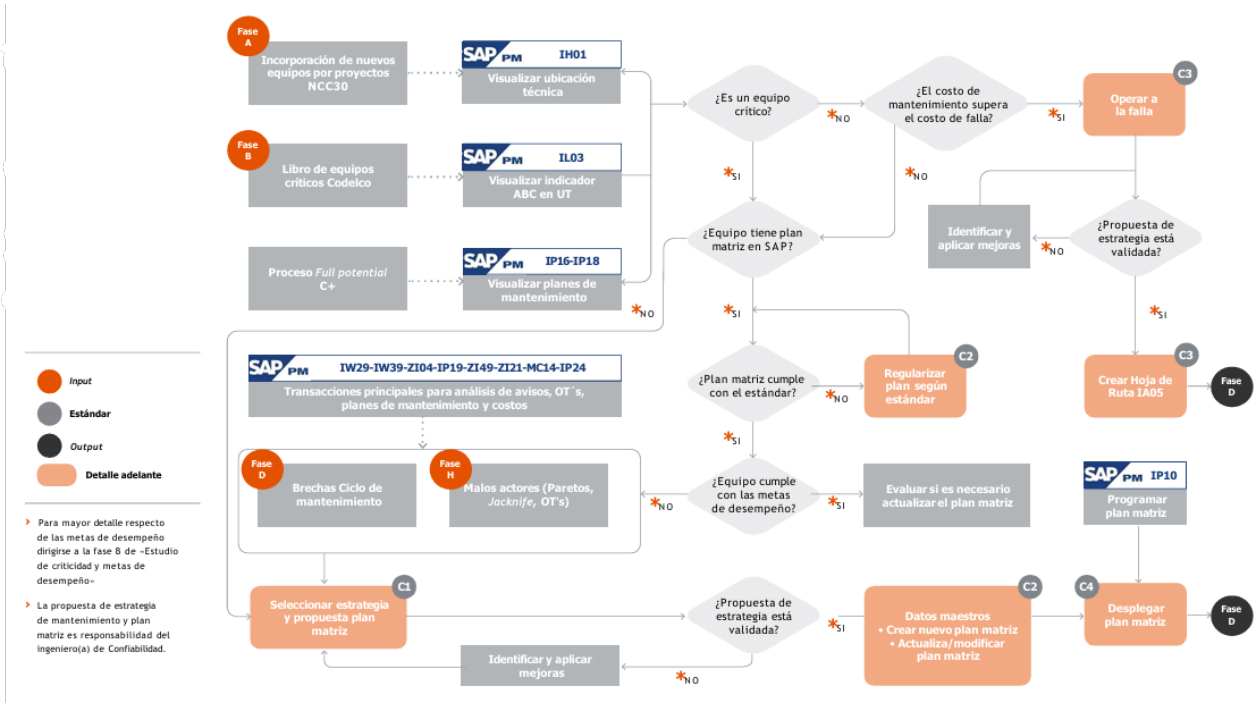


Figura 9.10: Flujograma general toma de decisiones

Fuente: *Sistema Operativo de Mantenimiento (SOMA)*

El flujograma establece que, para equipos de criticidad media o baja, cuyo mantenimiento resulte más costoso que la falla misma, se debe optar por una estrategia operando a la falla, utilizando hojas de ruta *stand alone*.

En caso contrario, es decir, para equipos de criticidad alta o esencial, o bien cuando el costo del mantenimiento sea inferior al costo asociado a la falla, se debe verificar inicialmente si el equipo dispone de un plan matriz en SAP PM y si este cumple el estándar C2. Posteriormente, se evalúa si el equipo alcanza las metas de desempeño definidas en la Fase B. En caso de incumplimiento, se deben utilizar los antecedentes provenientes de análisis post mantenimiento y análisis de fallas para desarrollar una propuesta de actualización del plan de mantenimiento.

Finalmente, una vez definida la estrategia de mantenimiento, se desarrolla la propuesta de plan de mantenimiento de acuerdo con el estándar C1. Posteriormente, esta debe pasar por una instancia de validación antes de ser desplegada en SAP PM.

Este flujograma hace referencia a los siguientes estándares:

C1) **Estándar de análisis de estrategia y propuesta de plan matriz:** Define el curso de acción a tomar con los planes de mantenimiento para distintos casos según la siguiente tabla:

CRITICIDAD	ELEMENTO DIFERENCIADOR	MÉTODO DE ANÁLISIS/ESTRATEGIA
ALTA MEDIA ESCENCIAL	Equipo no cuenta con plan matriz	**Creación de plan:** el equipo presenta fallas recurrentes que se pueden corregir o mejorar con tareas de Mantenimiento, a través de las siguientes herramientas de confiabilidad: · Analizar modos de falla (paretos, *jacknife*, etc.) · Analizar brechas en el Ciclo de mantenimiento. · Estrategia de mantenimiento según la criticidad del activo. · Propuesta de estrategia de mantenimiento. · Crear/modificar datos maestros en SAP. · Desplegar plan.
	Equipo cuenta con plan matriz pero no cumple con metas de desempeño	**Nuevo plan:** utilizar las mismas acciones de Creación de plan. **Actualización de plan:** revisar componentes del plan matriz tales como pautas, procedimientos y repuestos. **Evaluación operacional:** la estrategia de mantenimiento es la adecuada, pero el equipo no logra alcanzar las metas de rendimiento exigidas como producto de una operación inapropiada. · Realizar mesa de trabajo con Operaciones/Mantenimiento/Vendor, para normalizar condición. · **Otras mejoras:** la estrategia de mantenimiento y operación es la adecuada, no obstante el equipo no logra alcanzar las metas. · Realizar diagnóstico del equipo por personal especialista. · Analizar si se requieren ingeniería para corregir problemas.
	Equipo cumple con metas de desempeño	**Optimización de estrategia**: actualizar estrategia si es estrictamente necesario, de lo contrario mantener.
BAJA	Costo de mantenimiento supera al costo de falla	**Operar a la falla**: validar estrategia con análisis de costos.
	Costo de falla supera al costo de mantenimiento	**Crear/actualizar plan de mantenimiento**: considerar actividades básicas propuestas por el fabricante, mantenimientos históricos e información de otras divisiones.

Figura 9.11: Tabla Estándar C1, Fase C
Fuente: *Sistema Operativo de Mantenimiento (SOMA)*

Además indica, que para la determinación de las intervenciones necesarias para mantener el equipo, se pueden seguir los distintos métodos de análisis:

- RCM: Mantenimiento basado en confiabilidad.
- RCM Agilizado: Conocido también como análisis de efectos y modos de falla (FMEA) o análisis de criticidad, efectos y modos de falla (FMECA).
- PMO: Optimización de mantenimiento preventivo.
- Experiencia del personal de Mantenimiento y Operaciones (criterio experto).
- Análisis del historial del equipo.
- Recomendación del fabricante.

Indica que en general, **la aplicación del método tradicional RCM debe direccionarse sólo para situaciones complejas que lo requieran, ya que el costo de implementación en HH es muy alto**.

Además, define las distintas estrategias de mantenimiento que pueden ser usados en los planes de mantenimiento de EMICOB:



Figura 9.12: Estrategias de Mantenimiento
Fuente: *Sistema Operativo de Mantenimiento (SOMA)*

1. **Estrategia reactiva:** Corresponde al tipo de estrategia de mantenimiento donde se permite que ocrra un modo de falla específico sin ningún intento de anticiparlo o prevenirlo. Considera únicamente un tipo de estrategia:
    - **A la falla:** Los cambios se realizan cuando el equipo/componente falla
2. **Estrategia preventiva:** Corresponde al tipo de estrategia de mantenimiento que interviene en el equipo periódicamente para inspeccionar reemplazar componentes, aún cuando el equipo esté operando satisfactoriamente.
    - **Mantenimiento basado en tiempo (MBT):** Los cambios se hacen en un intervalo de tiempo determinado, independiente del estado del componente.
    - **Mantenimiento basado en uso (MBU):** Los cambios se realizan en un intervalo de uso predeterminado.
    - **Inspecciones:** Se realizan rutinas de inspección visual de los activos o componentes
3. **Estrategia predictiva:** Corresponde al tipo de estrategia de mantenimiento que busca anticiparse a la ocurrencia de las fallas a través del seguimiento de un síntoma o falla potencial y/o modelos de predicción estadísticos de analítica avanzada.
    - **Mantenimiento basado en condición (MBC):** Estrategia de mantenimiento basada en la medición continua o periódica de variables de condición o síntomas asociados al estado de los equipos, con el objetivo de determinar la necesidad de intervención antes de la ocurrencia de una falla funcional. Esta estrategia utiliza como referencia el concepto de *Intervalo P-F*, herramienta gráfica que representa el deterioro progresivo

de la condición del equipo en función de su tiempo de operación, permitiendo detectar fallas potenciales y prevenir fallas funcionales o catastróficas. Estas actividades son desarrolladas por el laboratorio MONCON (Monitoreo de Condiciones).

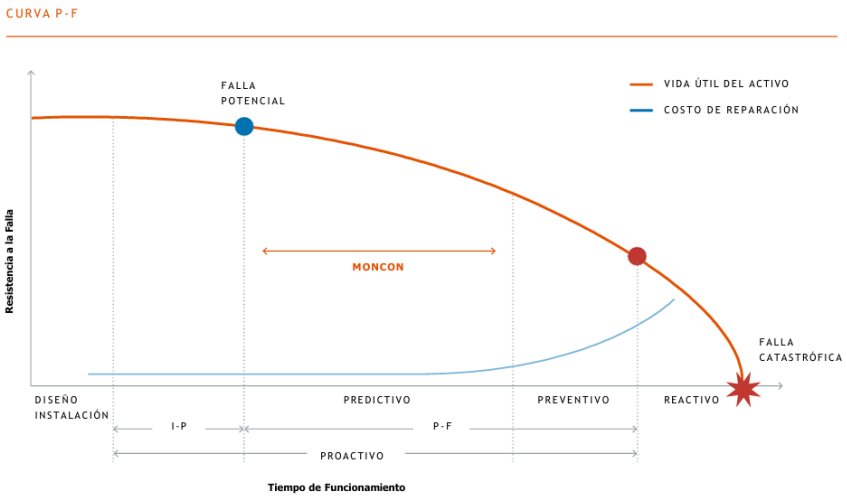


Figura 9.13: Curva P-F
Fuente: *Sistema Operativo de Mantenimiento (SOMA)*

- **Analítica avanzada:** Utilización de algoritmos como Machine Learning que permiten predecir cuando ocurrirá una falla.

La estrategia a utilizar depende de la criticidad del activo relacionado al plan de mantenimiento según la siguiente tabla:

PLAN DE MANTENIMIENTO	CRITICIDAD ALTA	CRITICIDAD MEDIA	CRITICIDAD BAJA
Activos y en automático (SAP)	Siempre	Siempre	Siempre
Mantenimiento preventivo (MBT o MBU)	Siempre	Siempre	Según sea el caso
Mantenimiento predictivo (MBC)	Siempre	Siempre	Según sea el caso
Mantenimiento reactivo	Nunca	Nunca	Según sea el caso

Figura 9.14: Estrategia de Mantenimiento según Criticidad
Fuente: *Sistema Operativo de Mantenimiento (SOMA)*

Luego, una vez determinado el tipo de estrategia de mantenimiento, la propuesta de plan de mantenimiento debe considerar las siguientes implicancias:

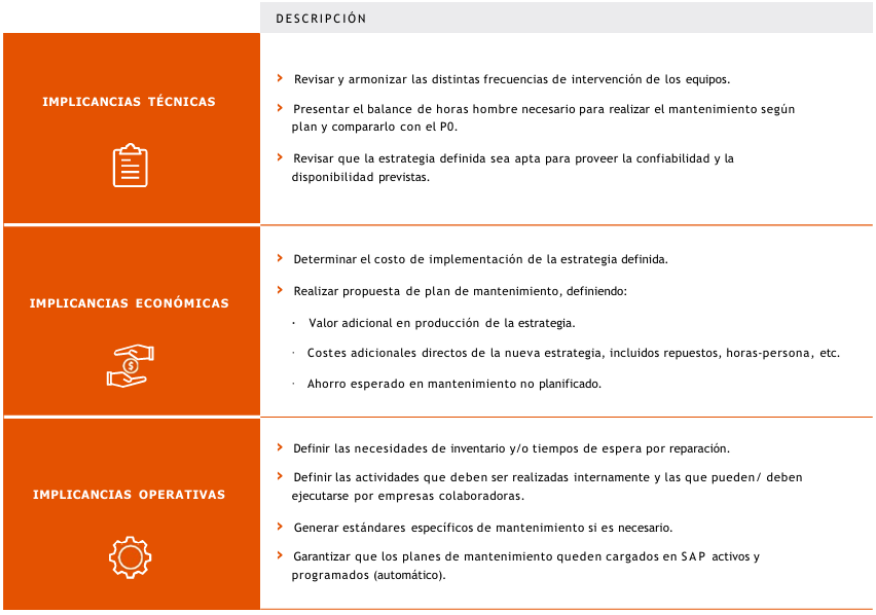


Figura 9.15: Implicancias a considerar al proponer un plan de mantenimiento
Fuente: *Sistema Operativo de Mantenimiento (SOMA)*

C2) **Estándar de creación/actualización de planes matrices:** Indica que **un plan de mantenimiento debe ser actualizado al menos una vez por año**. Define participantes, roles, y demás detalles en la creación o actualización de planes de mantenimiento:

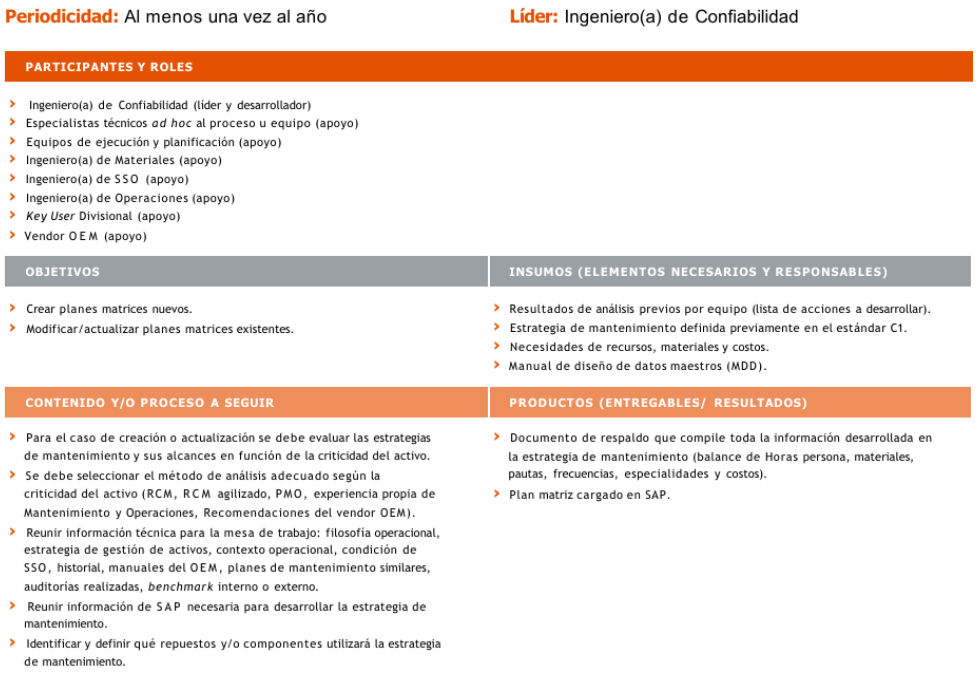
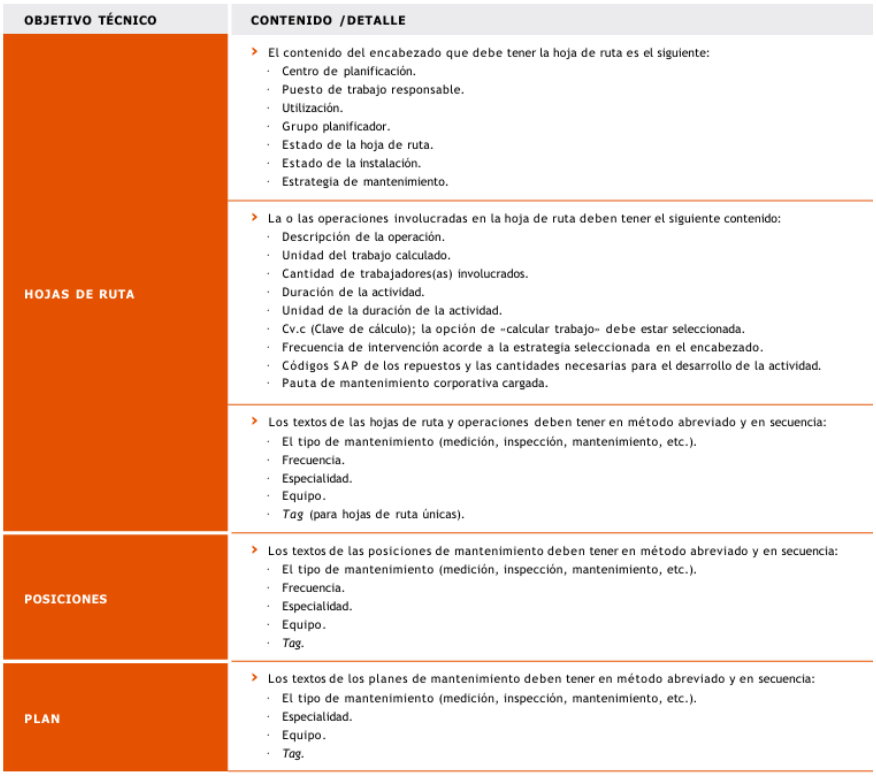


Figura 9.16: Estándar de actualización/creación de planes matrices
Fuente: *Sistema Operativo de Mantenimiento (SOMA)*

Además, indica en detalle lo que deben contener los distintos objetos técnicos del plan de mantenimiento en SAP PM:



OBJETIVO TÉCNICO	CONTENIDO /DETALLE
HOJAS DE RUTA	El contenido del encabezado que debe tener la hoja de ruta es el siguiente: · Centro de planificación. · Puesto de trabajo responsable. · Utilización. · Grupo planificador. · Estado de la hoja de ruta. · Estado de la instalación. · Estrategia de mantenimiento.
	La o las operaciones involucradas en la hoja de ruta deben tener el siguiente contenido: · Descripción de la operación. · Unidad del trabajo calculado. · Cantidad de trabajadores(as) involucrados. · Duración de la actividad. · Unidad de la duración de la actividad. · Cv.c (Clave de cálculo); la opción de «calcular trabajo» debe estar seleccionada. · Frecuencia de intervención acorde a la estrategia seleccionada en el encabezado. · Códigos SAP de los repuestos y las cantidades necesarias para el desarrollo de la actividad. · Pauta de mantenimiento corporativa cargada.
	Los textos de las hojas de ruta y operaciones deben tener en método abreviado y en secuencia: · El tipo de mantenimiento (medición, inspección, mantenimiento, etc.). · Frecuencia. · Especialidad. · Equipo. · *Tag* (para hojas de ruta únicas).
POSICIONES	Los textos de las posiciones de mantenimiento deben tener en método abreviado y en secuencia: · El tipo de mantenimiento (medición, inspección, mantenimiento, etc.). · Frecuencia. · Especialidad. · Equipo. · *Tag*.
PLAN	Los textos de los planes de mantenimiento deben tener en método abreviado y en secuencia: · El tipo de mantenimiento (medición, inspección, mantenimiento, etc.). · Especialidad. · Equipo. · *Tag*.

Figura 9.17: Detalle del contenido en los objetos técnicos
Fuente: *Sistema Operativo de Mantenimiento (SOMA)*

C3) **Estándar de operar a la falla utilizando hojas de ruta stand alone:** Indica que las hojas de ruta stand alone se utilizan para definir la secuencia de actividades y la información técnica necesaria para ejecutar un trabajo de mantenimiento que no está contenido en un plan matriz o que responde a una condición imprevista.

Además, establece responsables, participantes, objetivos, insumos requeridos y el proceso a seguir para fundamentar la decisión de operar a la falla cuando corresponda.

C4) **Estándar de despliegue de planes matrices en SAP PM y terreno:** Indica que se debe identificar previo a desplegarse y activarse los planes de mantenimiento considerando la no interferencia con otros trabajos, la comunicación de los cambios realizados a la organización, particularmente a ejecución, planificación, abastecimiento y operaciones, y que deben contener la pauta de mantenimiento los códigos de repuesto según sea el caso en la hoja de ruta. No indica cómo desplegar los planes de mantenimiento en SAP PM.

9.2.4. Fase D: Ciclo de Mantenimiento

En el Ciclo de mantenimiento se realiza la planificación y ejecución de la carta de actividades previamente identificadas, de acuerdo a la estrategia definida con adherencia y optimización de los recursos. Este trabajo se hace periódicamente, en el caso de esta división, semanalmente, y constituye

la gran parte del trabajo a realizar por el personal de mantenimiento. Tal como es indicado en la Figura 9.3, consta de cinco etapas:

Identificación y Priorización

En esta etapa se recopilan los requerimientos de trabajo correspondientes al período de planificación, utilizando como fuente la información en SAP PM. Se consideran tanto las actividades generadas por los planes de mantenimiento como los trabajos no planificados solicitados desde distintas áreas de la planta a partir de avisos en SAP PM.

A partir de estos antecedentes, se realiza un proceso de evaluación y priorización basado en el nivel de riesgo, criticidad e impacto operacional de cada requerimiento, con el objetivo de construir una propuesta preliminar de cartera de trabajo. Esta propuesta es posteriormente revisada y ajustada mediante instancias de coordinación con las áreas involucradas y el equipo de confiabilidad, hasta consolidar un listado formal de actividades priorizadas para su ejecución.

El responsable principal de esta etapa corresponde al área de Planificación.

Planificación

En esta etapa se asignan los recursos necesarios a la lista de actividades definida en la priorización, distribuyendo la carga de horas disponibles y gestionando la disponibilidad efectiva de los recursos requeridos para la ejecución de los trabajos.

Asimismo, se generan las órdenes de trabajo necesarias para ejecutar las actividades definidas para el período.

El responsable principal de esta etapa corresponde al área de Planificación.

Programación

En esta etapa se coordina la demanda de trabajo con la disponibilidad del equipo ejecutor y de los equipos o áreas de la planta donde se realizarán las intervenciones. Las actividades planificadas se transforman en un programa secuenciado a nivel de día o turno, asignando los recursos y equipos de trabajo responsables de su ejecución.

El responsable principal de esta etapa corresponde al área de Planificación.

Ejecución

En esta etapa se realizan los trabajos de mantenimiento definidos y programados, asegurando el cumplimiento de los procedimientos establecidos y los estándares de calidad de ejecución. Asimismo, se gestionan las emergencias y hallazgos detectados durante la intervención, registrando y comunicando oportunamente la información correspondiente en los sistemas de gestión.

Finalmente, las órdenes de trabajo ejecutadas son revisadas, notificadas y cerradas.

El responsable principal de esta etapa corresponde al área de Ejecución y Suministros.

Post Mantenimiento

Liderado por el equipo de confiabilidad, es una etapa en la que se analizan las oportunidades, brechas y fortalezas del ciclo de mantenimiento anterior **con el fin de incentivar la mejora continua** y estandarizar mejores prácticas. Considera los siguientes objetivos:

- Analizar las oportunidades, brechas y fortalezas del Ciclo de mantenimiento con el fin de incentivar la mejora continua y estandarizar mejores prácticas.

- Analizar los reprocesos, retrasos en la ejecución del mantenimiento, actividades ejecutadas no planificadas y backlog.
- Asegurar la calidad y eficiencia (tiempo) de los próximos trabajos.

Se compone de las siguientes etapas:



Figura 9.18: Etapas de Post Mantenimiento
Fuente: *Sistema Operativo de Mantenimiento (SOMA)*

Considera la reunión de post mantenimiento, que se realiza de manera semanal, y se presentan, entre otros, los accidentes o incidentes que hayan afectado a la seguridad o medio ambiente en el ciclo pasado, las actividades no planificadas de la semana, reconocimientos de buenas prácticas, oportunidades de mejora y compromisos para el próximo ciclo.

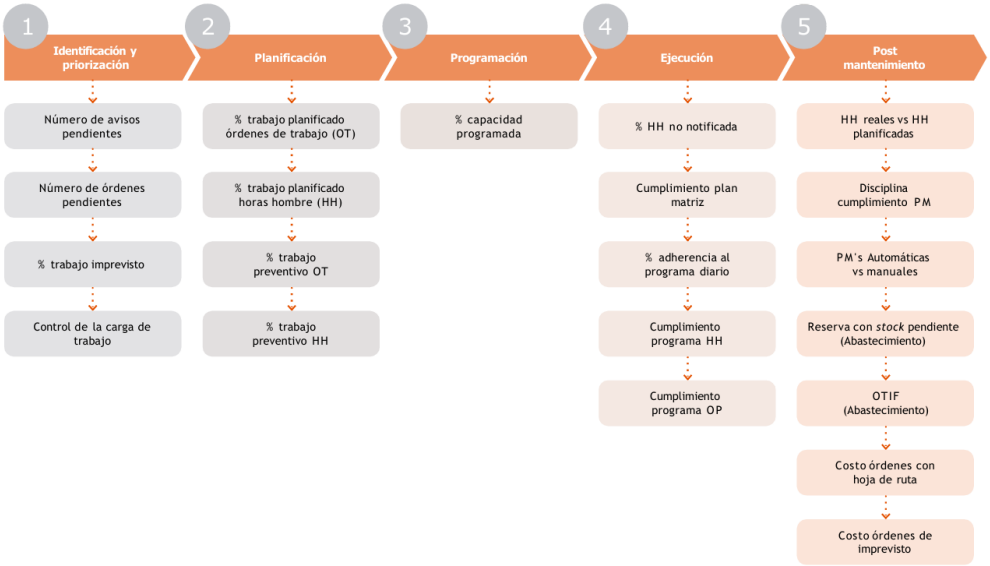


Figura 9.19: Indicadores Relevantes en Ciclo de Mantenimiento
Fuente: *Sistema Operativo de Mantenimiento (SOMA)*

9.2.5. Fase E: Decisiones de Fin de Vida Útil

Esta fase tiene como objetivo generar alertas en el momento óptimo del ciclo de vida de los activos, de manera tal de minimizar el costo total asociado a su operación y mantenimiento. Para ello, utiliza una metodología orientada a determinar el fin de la vida útil de los equipos, considerando factores como la robustez de su diseño, el tipo de servicio que prestan, el historial de mantenimiento ejecutado, las horas de operación y su antigüedad.

Esta fase es aplicada exclusivamente a equipos de criticidad alta o esencial y se desarrolla con una periodicidad anual.

Dado que los procesos asociados a esta fase no guardan relación directa con lo desarrollado en la presente investigación, no se profundizará mayor detalle.

9.2.6. Fase F: Sinergias con Áreas Relacionadas

Esta fase tiene se aplica de manera transversal a todo el ciclo de vida del activo, y tiene como objetivo identificar las áreas que interactúan con Mantenimiento en las diferentes fases del SOMA, definiendo los roles de estas áreas y las instancias en que participan en conjunto buscando la mejora continua, eficiencia y eficacia del ciclo de gestión de activos.

Se definen tres áreas de interacción con las áreas de Mantenimiento, estas son Operaciones, Abastecimiento y Seguridad. En este documento se definen las instancias mínimas de interacción y el rol que cada una debe cumplir en el Ciclo de Mantenimiento.

Dado que los procesos asociados a esta fase no guardan relación directa con lo desarrollado en la presente investigación, no se profundizará mayor detalle.

9.2.7. Fase G: Sistemas de Gestión, Estructura Organizacional y Competencias

Esta fase tiene se aplica de manera transversal a todo el ciclo de vida del activo, y tiene como objetivo definir estándares y mejores prácticas de gestión, estructuras organizacionales, cargos y sus respectivas competencias que permitan cumplir con el Ciclo de mantenimiento en forma óptima.

Dado que los procesos asociados a esta fase no guardan relación directa con lo desarrollado en la presente investigación, no se profundizará mayor detalle.

9.2.8. Fase H: Análisis de Desempeño

Es un proceso liderado por el área de Confiabilidad que busca entender las desviaciones de los activos que presentan fallas crónicas y agudas para identificar las brechas en la confiabilidad operacional, y mediante herramientas de análisis de causas, determinar soluciones y oportunidades de mejora para reducir la indisponibilidad de equipos que crea desviaciones productivas y mejorar las intervenciones de mantenimiento, en forma continua y estructurada. Para ello, se pasa por la siguiente serie de pasos:

1. **Identificar equipos que pueden catalograse como "malos actores"**
   Se mapean los equipos en base a frecuencia y pérdida por evento (análisis Jack-Knife), identificando los límites admisibles (30 % del valor máximo). Se seleccionan únicamente equipos con valores más elevados que los límites admisibles (dentro del cuadrante superior derecho del gráfico), y se priorizan por impacto.

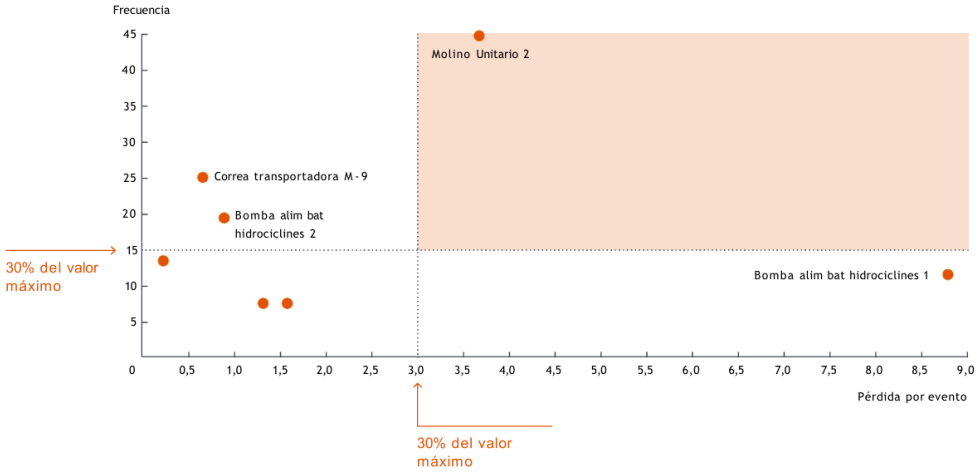


Figura 9.20: Análisis Jack-Knife
Fuente: *Sistema Operativo de Mantenimiento (SOMA)*

Se considera la obtención de datos de forma semanal, y un periodicidad del análisis de tres meses. **Se debe asegurar la calidad de los datos usados**.

2. **Priorizar y seleccionar los componentes "malos actores"**
   Por cada equipo considerado como mal actor, se identifica qué componentes causaron la falla, se priorizan en base a pérdidas (tiempo de inactividad), y se seleccionan los tres componentes con mayor pérdida para el equipo.

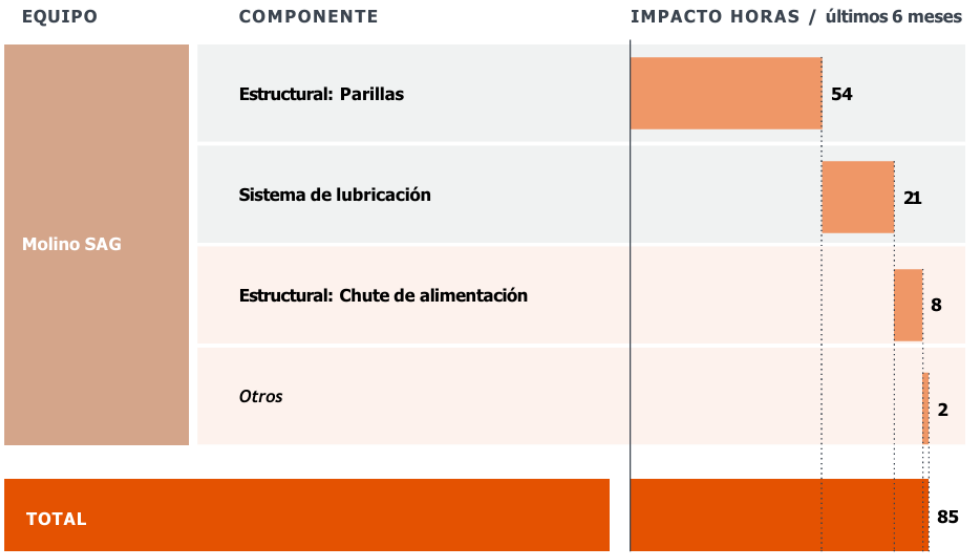


Figura 9.21: Priorización de componentes malos actores
Fuente: *Sistema Operativo de Mantenimiento (SOMA)*

Se considera la obtención de datos de forma semanal, y un periodicidad del análisis de seis meses.

3. **Establecer modos de falla por componente**
   Se identifican los modos de falla más importantes de cada componente seleccionado, para luego priorizarlos.

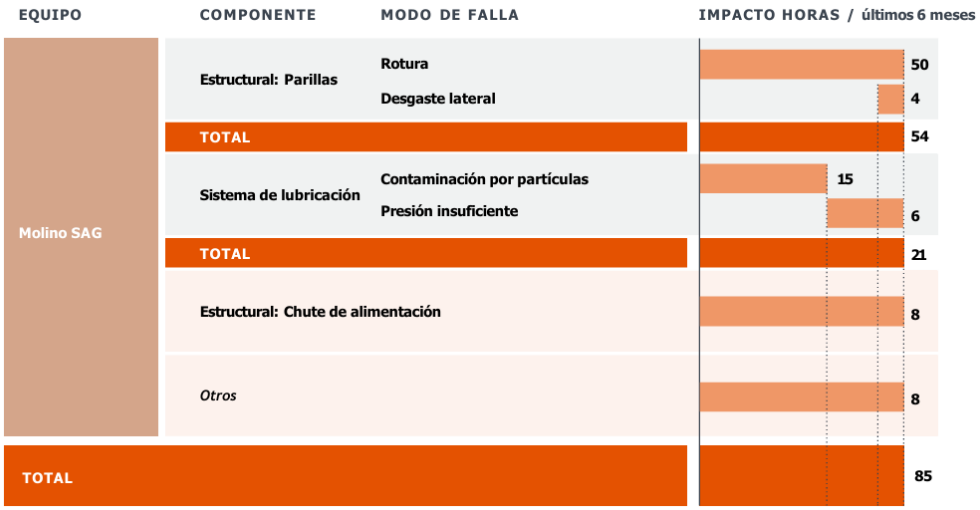


Figura 9.22: Priorización de modos de falla por componente
Fuente: *Sistema Operativo de Mantenimiento (SOMA)*

Se considera la obtención de datos de forma semanal, y un periodicidad del análisis de seis meses.

4. **Identificar las causas raíz**
   Se realizan los RdP correspondientes para identificar la causa subyacente de falla (consultar la Figura 12.4). Se debe llegar a un listado de causas raíz y potenciales soluciones priorizadas. Lo lidera el Ingeniero de Confiabilidad, y se realiza en conjunto con un equipo multidisciplinario dependiendo de la falla (confiabilidad, ejecución, operaciones, etc.). Las reuniones deben realizarse con plazo de una semana en caso de una emergencia, o en paralelo al análisis de la etapa anterior.

5. **Definir intervenciones**
   En conjunto al equipo multidisciplinario, se definen un listado de intervenciones en base al análisis realizado, y se crea un Plan de Implementación Táctico (PIT), con fechas límite y responsables. se puede analizar en base a la curva de falla del equipo, y las intervenciones típicas suelen ser:

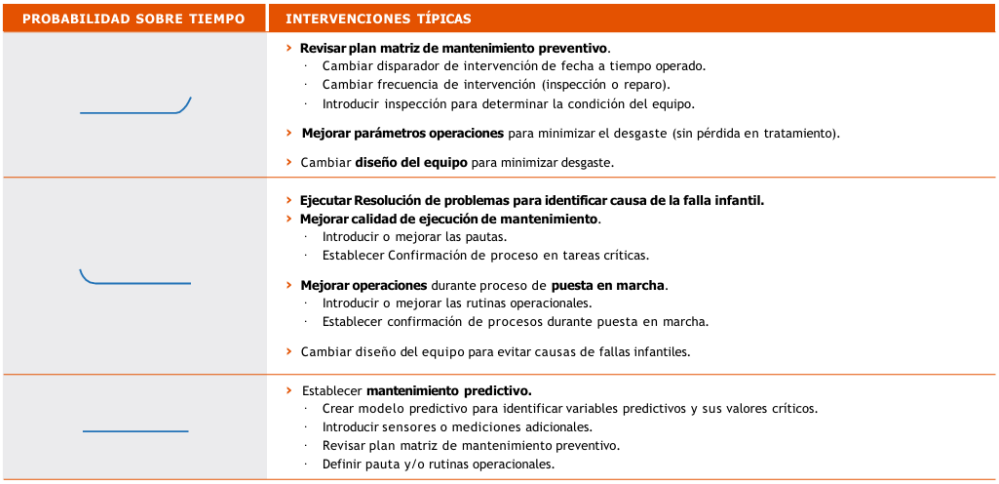


Figura 9.23: Intervenciones típicas según curva de falla
Fuente: *Sistema Operativo de Mantenimiento (SOMA)*

6. **Ejecutar intervenciones y monitorear su efectividad**
   Se ejecutan las intervenciones, se mide y se visualiza el impacto de estas. Se consideran los siguientes indicadores para el análisis:

   - Número de fallas de equipos en foco
   - Horas de falla de equipos en foco

   Se monitorean los avances con un tablero de avance del PIT.

Además, el análisis de desempeño, describe y considera al análisis RCM (revisar la Subsección 8.1) como una de sus bases. Reconoce la norma "A Guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM) Standard" para describir las etapas por las que debe pasar un análisis para que pueda identificarse como RCM.

10. Auditoría de Evaluación de Madurez SOMA 2025

La política de mantenimiento, en su punto 6, indica la necesidad de "medir y gestionar continuamente el grado de madurez del mantenimiento, con el objetivo de asegurar el desarrollo hacia el mantenimiento proactivo".

Lo anterior hace necesario evaluar la madurez alcanzada en cada área que ha formado parte de este proceso. Esto se hace con la *Auditoría de Evaluación de Madurez SOMA*. Liderada por el corporativo de EMICOB, en conjunto con una empresa contratista, es una evaluación que se realiza a las distintas divisiones de EMICOB, con el objetivo de medir el nivel de madurez del mantenimiento, identificar brechas y generar planes de acción que permitan mejorar continuamente el desempeño de las funciones de confiabilidad, planificación y ejecución, y consecuentemente el resultado del negocio de la corporación.

La evaluación de madurez del mantenimiento se realiza en una escala cuantitativa con nota de 1 a 5, que se traduce a su vez en una escala cualitativa, desarrollada en detalle en la siguiente imagen:

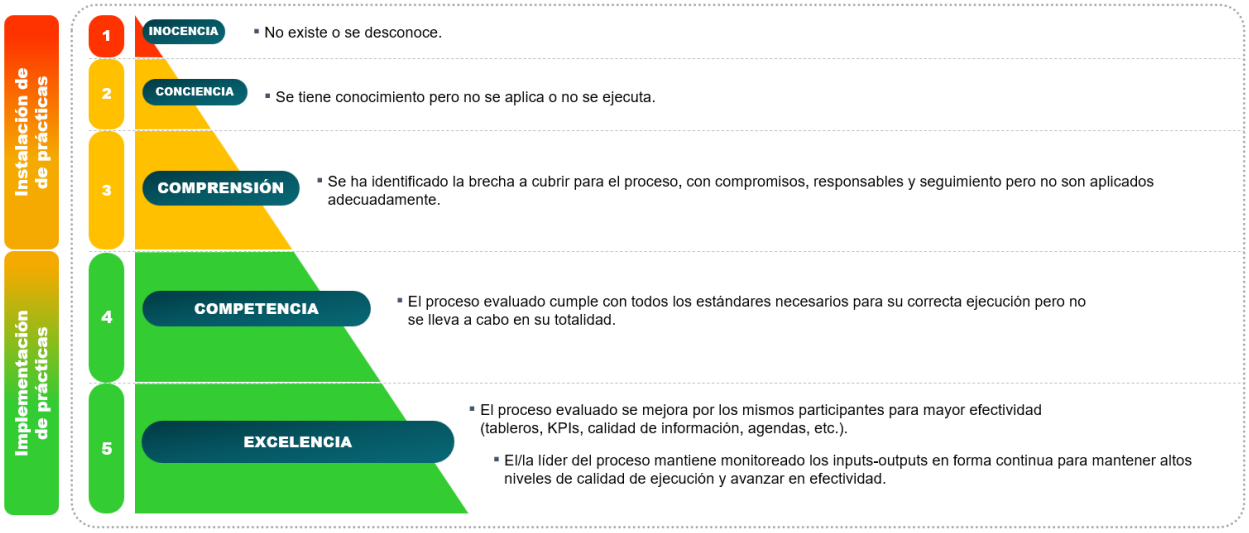


Figura 10.1: Madurez de Mantenimiento Cuantitativa y Cualitativa
Fuente: Informe de Madurez SOMA 2025

Se evalúan diferentes aspectos relacionados a la gestión de mantenimiento, considerando las siguientes dimensiones en la evaluación:



Figura 10.2: Dimensiones en Evaluación de Madurez SOMA
Fuente: Informe de Madurez SOMA 2025

Cada una de estas dimensiones se evalúa en la escala de 1 a 5, y con las ponderaciones indicadas, se obtiene la nota final de la evaluación.

10.1. Pauta SOMA

La pauta SOMA, es la principal dimensión evaluada. Consiste en una serie de preguntas que buscan medir el nivel de adherencia a los procesos y estándares descritos en SOMA. Se evalúa formalmente en terreno con un auditor, el que realiza encuestas en cada área, y en base a las respuestas va rellenando una pauta estandarizada para cada año.

La pauta SOMA, se estructura según las distintas fases del SOMA. Para cada una se consideran una cierta cantidad de preguntas, y una cierta ponderación. La siguiente tabla indica ese detalle:

Tabla 10.1: Estructura de evaluación pauta SOMA

Fase Pauta SOMA	Ponderación	Cant. Preguntas	Ponderación por pregunta
Fase A	2,5 %	4	0,63 %
Fase B	5 %	4	1,25 %
Fase C	7,5 %	7	1,07 %
Fase D: Ident. y Prior.	3 %	3	1,00 %
Fase D: Planif.	3 %	3	1,00 %
Fase D: Progra.	3 %	3	1,00 %
Fase D: Ejec	3 %	7	0,43 %
Fase D: Post Mto.	1,5 %	3	0,50 %
Fase D: Mto. Mayor	1,5 %	3	0,50 %
Fase E	5 %	3	1,67 %
Fase F	5 %	5	1,00 %
Fase G	5 %	8	0,63 %
Fase H	5 %	6	0,83 %

Notar que, pese a que algunas fases ponderen menos que otras, las preguntas en ellas pueden tener más ponderación.

Además, las preguntas de la pauta reflejan una clara tendencia. Si se considera el área en donde se deben realizar las preguntas, se puede determinar que el gran foco de esta evaluación está en el área de confiabilidad, seguido de planificación y ejecución.

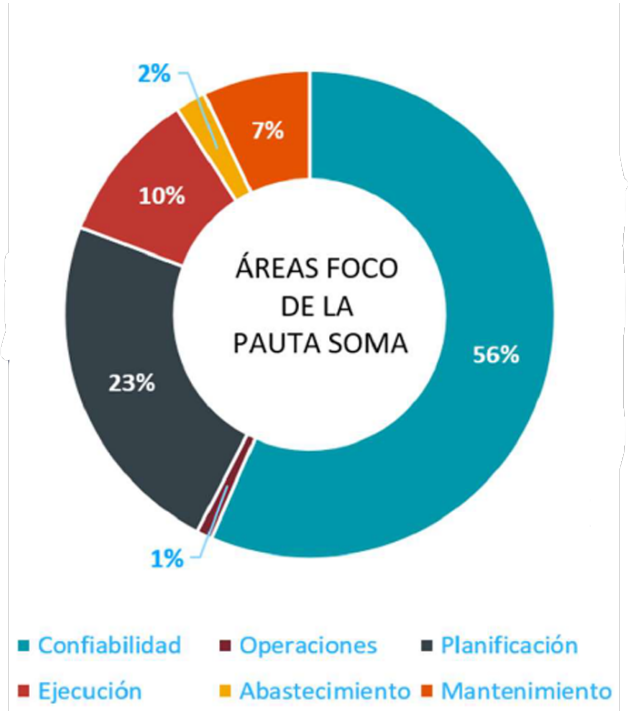


Figura 10.3: Áreas de Foco en Pauta SOMA
Fuente: Informe de Madurez SOMA 2025

10.2. KPIs Resultado y Proceso

En esta dimensión, se mide el cumplimiento de los KPIs de mantenimiento, en base a las metas anuales establecidas por el área (P0).

Para este cálculo, se utiliza lo que se conoce como **Índice de Mantenimiento Proactivo**, o IMP. Para determinar este valor, se consideran los siguientes indicadores previamente explicados:

CRITERIOS DE MADUREZ ESTRATEGIA	REACTIVO	PLANIFICADO	PROACTIVO	ESTRATEGIA	CLASE MUNDIAL
DISPONIBILIDAD	Disminución >3% respecto al P0	Disminución <=3% respecto al P0	Cumplimiento meta P0		
COSTO DE MANTENIMIENTO	Aumento >3% respecto al P0	Aumento <=3% respecto al P0	Cumplimiento meta P0		
TMEF	Disminución >3% respecto al P0	Disminución <=3% respecto al P0	Cumplimiento meta P0		
% CUMPLIMIENTO PLAN MATRIZ	Valor < 70%	70%< Valor <= 80%	80% < valor <= 85%	85%< Valor < 90%	90% < Valor
% TRABAJO PLANIFICADO	Valor < 60%	60% < Valor <= 70%	70% < valor <= 80%	80% < Valor < 85%	85% < Valor
% CUMPLIMIENTO PROGRAMA SEMANAL	Valor < 75% del plan a 7 días	75%< Valor <= 85% del plan a 7 días	85% < valor < =90% del plan a 7 días	90%< Valor < 95% del plan a 7 días	95%< Valor del plan a 7 días
# OT PENDIENTE	> 3% de total	< = 3% de total	< =0,7% de total		

Figura 10.4: Detalle Puntuación IMP

Fuente: Informe de Madurez SOMA 2025

Luego, para cada uno de los siete indicadores considerados en este cálculo, se categoriza el nivel de madurez en las categorías de *reactivo*, *planificado*, *proactivo*, *estrategia* o *clase mundial*, según sus resultados respecto las metas establecidas. Luego, se asigna un puntaje a cada uno, siendo 0 para la categoría de *reactivo*, 1 para *planificado*, y 2 para *proactivo*, *estrategia* o *clase mundial*.

De esta manera, se puede obtener un puntaje total de 14 puntos, que luego se transforma a una equivalencia en escala de 5 según la siguiente escala para la nota en la evaluación SOMA.

Nota SOMA	Desempeño Mantenimiento	Valor IMP
1	Reactivo	0 -3
2	Reactivo	4 - 8
3	Planificado	9 - 10
4	Planificado	11 - 12
5	Proactivo	13 -14

Figura 10.5: IMP a Nota Evaluación

Fuente: Informe de Madurez SOMA 2025

10.3. Indicadores Uso SAP PM

Esta dimensión mide la medida en la que se utiliza la plataforma SAP PM para la gestión de mantenimiento, según el punto 8 de la Política de Mantenimiento.

Esta medición se realiza a través de un tablero Power BI, que evalúa los siguientes indicadores:

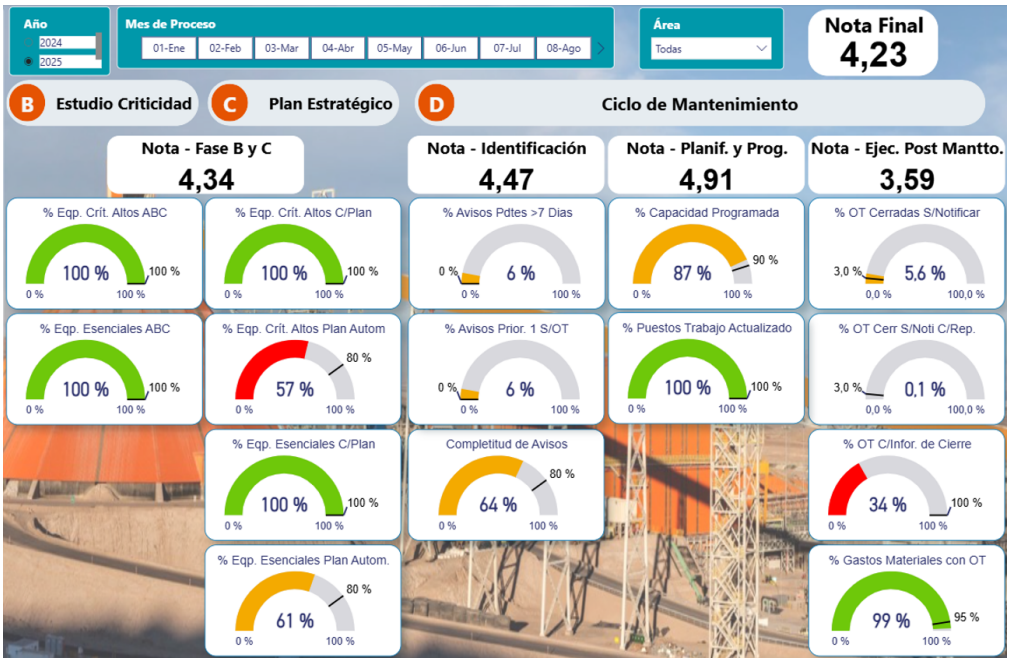


Figura 10.6: Tablero KPI Uso SAP PM

Fuente: Tablero KPI Uso SAP PM

Notar que, esta indicado la etapa de la gestión de mantenimiento que se relaciona con los indicadores. La plataforma a través de un algoritmo interno, permite determinar la nota final de esta dimensión.

10.4. Cumplimiento PIT SOMA

Todos los años, el departamento debe fijar metas, que reflejan la mejora continua de la gestión de mantenimiento. Este aspecto, evalúa el cumplimiento de las mejoras planteadas en el año anterior, y se asigna el puntaje según la siguiente tabla:

Desviación PIT	Nota
X ≥ 40%	1
25% ≤ X < 40%	2
15% ≤ X < 25%	3
5% ≤ X < 15%	4
0% ≤ X < 5%	5

Figura 10.7: Nota PIT SOMA según Desviación
Fuente: Informe de Madurez SOMA 2025

Se mide, cuantas de las metas planteadas no fueron logradas, y esa desviación permite obtener la nota final de esta dimensión.

Finalmente, en base a las ponderaciones detalladas, se realizaron los siguientes diagramas, que permiten visualizar todas estas, considerando tanto los indicadores como el detalle de las preguntas de la Pauta SOMA de manera visual.

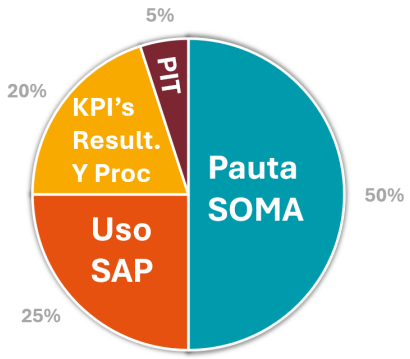


Figura 10.8: Diagrama Ponderación General Evaluación SOMA
Fuente: Elaboración propia

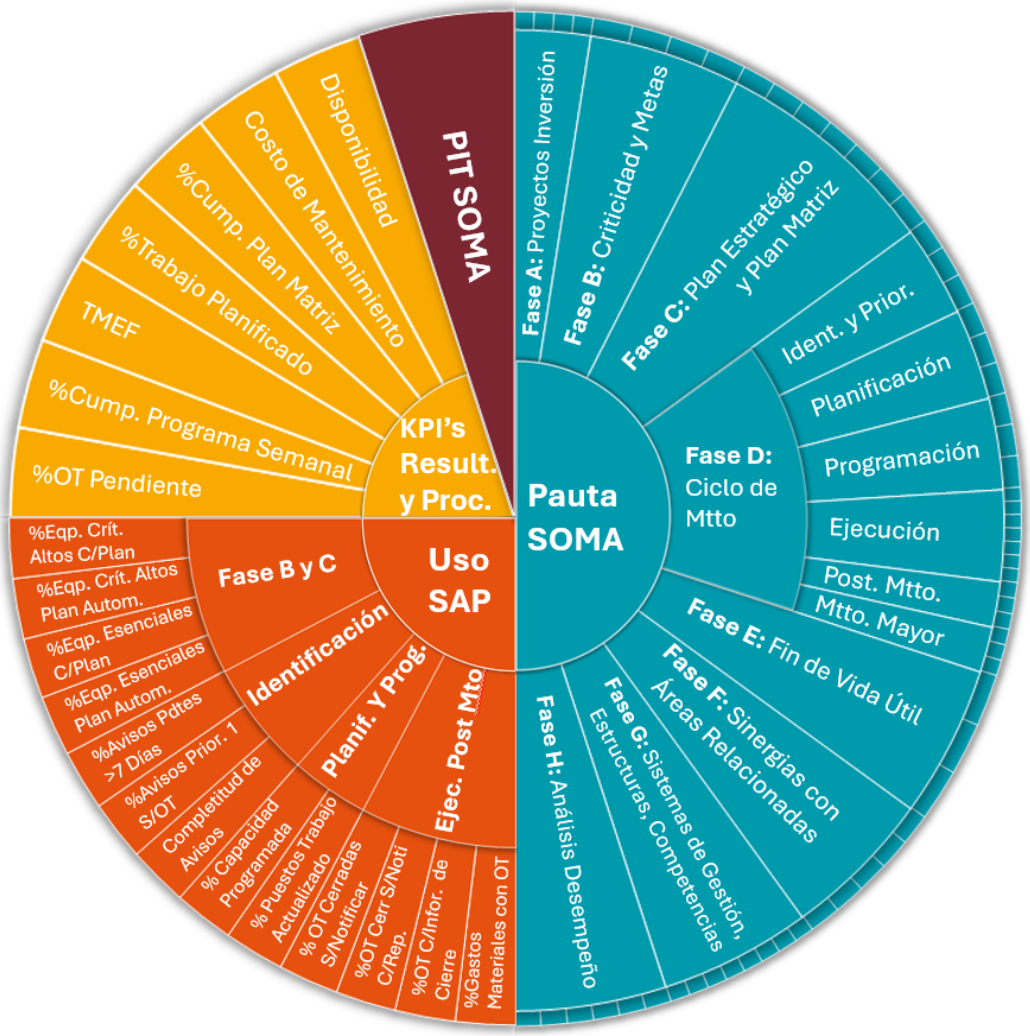


Figura 10.9: Diagrama Ponderación Específica Evaluación SOMA
Fuente: Elaboración propia

Notar que, en el contorno de la porción derecha, se simboliza la cantidad de preguntas consideradas en cada una de las partes de la pauta SOMA.

11. Lean Management

Es un modelo de gestión de origen japonés que busca **maximizar la creación de valor para el cliente final y minimizar las pérdidas** en los sistemas de manufactura. Nació a partir del Sistema de Producción de Toyota (TPS) y se ha consolidado como una filosofía aplicada a múltiples sectores productivos, no solo industriales.

Se fundamenta en la eliminación de desperdicios, la optimización de procesos y la mejora continua, promoviendo un uso eficiente de recursos, tiempos y capacidades humanas.

Este modelo se basa en los cinco principios siguientes:

1. **Valor**: Se define desde la perspectiva del cliente, considerando costo, calidad y oportunidad (tiempo o momento justo). El valor es aquello por lo que el cliente está dispuesto a pagar.
2. **Cadena de valor**: Conjunto de actividades y procesos necesarios para crear valor para el cliente, desde el diseño del producto hasta su entrega.
3. **Flujo**: El flujo continuo de valor debe avanzar sin interrupciones, cuellos de botella o esperas, desde la materia prima hasta el producto terminado.
4. **Pull**: La producción se inicia solo cuando existe una demanda real del cliente. Es el cliente quien "tira" del valor de la empresa, no la empresa la que "empuja" el valor al cliente.
5. **Mejora continua (Kaizen)**: La mejora continua más que un concepto, es una metodología que busca la Excelencia Operacional de una organización a través del aprovechamiento constante de oportunidades de mejora. Mayor detalle en la Sección 12.

Además, considera ocho tipos de desperdicios (*muda*), es decir, **cualquier actividad que no aporta valor al cliente**:

1. **Defectos**: Productos o piezas fuera de especificación que requieren reprocesamiento o desecho.
2. **Sobreprocesamiento**: Realizar más trabajo del necesario, como pasos innecesarios o reprocesamiento de piezas no conformes.
3. **Sobreproducción**: Fabricar más de lo que el cliente demanda, generando inventario innecesario.
4. **Tiempos de espera**: Inactividad por demoras, desequilibrio en las cargas de trabajo o falta de coordinación.
5. **Traslados innecesarios**: Movimientos de materiales, piezas o personas que no agregan valor.
6. **Movimientos innecesarios**: Esfuerzos físicos de los operarios (alcanzar, girar, buscar herramientas) que podrían eliminarse mediante ergonomía y organización.
7. **Inventario**: Exceso de materias primas, productos en proceso o terminados, lo que implica uso ineficiente de capital y espacio físico.
8. **Conocimiento no aprovechado**: Subutilizar las capacidades, creatividad y experiencia del personal, lo que limita la innovación y la mejora.

Considera también métodos o conceptos complementarios como:

- **5S (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke)**: Metodología japonesa para mantener el orden, la limpieza y la disciplina en el lugar de trabajo. Se considera la base para cualquier otro método de mejora. Sus etapas son clasificar, ordenar, limpiar, estandarizar y mantener con disciplina.
- **Just in Time (JIT)**: Producción en el momento exacto, en la cantidad necesaria y sin generar excedentes.
- **Kanban**: Sistema visual de control de producción que regula el flujo de materiales e información entre procesos para evitar sobreproducción y cuellos de botella.

- **Poka-Yoke**: Conjunto de métodos que utilizan mecanismos o dispositivos para evitar errores humanos o hacerlos inmediatamente evidentes, reduciendo así los defectos.
- **VSM (Value Stream Mapping)**: Método gráfico que permite mapear la cadena de valor para identificar y eliminar desperdicios en toda la empresa.
- **Análisis Causa Raíz:** Se usa herramientas como el diagrama de ishikawa (también conocido como Causa-Efecto o 6M),Análisis de los 5 porqués , QC Story, análisis P-M, etc.
- **GEMBA:** Lugar donde pasan las cosas. Terreno. Se suele decir que hay que ir al GEMBA, incentivar ir para comprender con tus propios ojos el origen de los problemas, y no depender de lo indicado por otras pesonas que filtra el conocimiento y complejiza el entendimiento....

12. Mejora Continua

La mejora continua, o *Kaizen* (*kai* = cambio, *zen* = bueno), corresponde a una filosofía de origen japonés orientada a la optimización sistemática de los procesos mediante cambios incrementales y sostenidos en el tiempo. Su propósito es maximizar los resultados organizacionales mediante el uso eficiente de los recursos y la eliminación de pérdidas y desperdicios, promoviendo una cultura de productividad sostenible basada en la innovación incremental más que en grandes inversiones.

Para ello, se emplean metodologías estructuradas que permiten identificar, analizar y abordar oportunidades de mejora de manera sistemática. Estas metodologías buscan guiar a las organizaciones en la detección de brechas, la definición de problemas y la implementación de soluciones orientadas a prevenir la recurrencia de pérdidas. Una de las metodologías más difundidas es el Ciclo de Deming o PHVA (*Planificar, Hacer, Verificar y Actuar*); sin embargo, muchas organizaciones desarrollan modelos propios adaptados a sus necesidades operacionales.

Si bien existen múltiples enfoques de mejora continua, la mayoría de ellos consideran etapas comunes, tales como la identificación de brechas, la definición del problema, el análisis de causas, la generación y evaluación de soluciones, el desarrollo de planes de acción, la implementación de mejoras y la posterior estandarización de los resultados obtenidos.

Dentro de estas metodologías, es frecuente la utilización de herramientas de apoyo al análisis y resolución de problemas, entre las que destacan las siguientes:

- **Diagrama de Ishikawa:** También conocido como diagrama causa-efecto, método de las 6M o diagrama de espina de pescado, es una herramienta visual desarrollada por Kaoru Ishikawa durante la década de 1940 para apoyar la identificación de las causas que originan un problema determinado. Su estructura facilita el análisis sistemático de posibles causas agrupándolas en seis categorías principales: Máquina, Mano de Obra, Material, Método, Medición y Medio Ambiente.

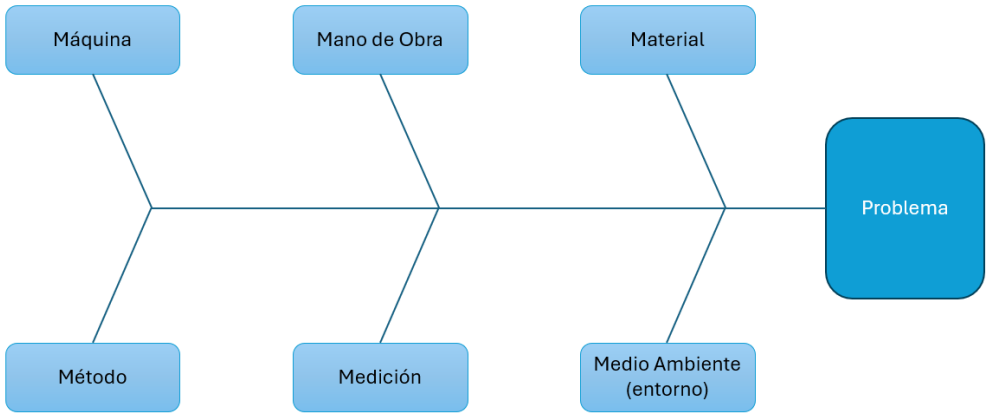


Figura 12.1: Diagrama de Ishikawa
Fuente: Elaboración propia

- **Análisis de los 5 Porqués:** Herramienta utilizada para profundizar en la comprensión de un problema mediante la formulación sucesiva de la pregunta "¿Por qué?", permitiendo avanzar desde los síntomas observados hasta las causas raíces que los generan.

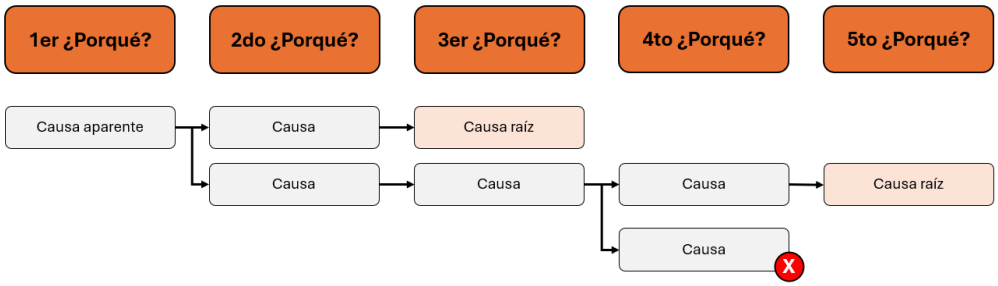


Figura 12.2: Diagrama de análisis de los 5 porqués
Fuente: Elaboración propia

  Esta herramienta puede utilizarse de manera independiente o complementaria al Diagrama de Ishikawa, profundizando el análisis de cada una de las causas identificadas en sus distintas ramas.

- **Lecciones de Un Punto (LUP):** Corresponden a instrucciones visuales breves orientadas a transmitir conocimientos específicos sobre una tarea, procedimiento o práctica determinada. Se caracterizan por su simplicidad, claridad y enfoque en un único tema, facilitando la transferencia de conocimiento y la estandarización de buenas prácticas entre los trabajadores de primera línea.

12.1. Subsistema Ciclo de Mejora Continua

Corresponde al método de mejora continua usado en las divisiones de EMICOB. Desarrollado por la Gerencia Corporativa de Excelencia Operacional, es un método de cuatro etapas, detallado a continuación:

1. **Identificación:** En esta etapa se busca identificar las desviaciones en los procesos, que permita una priorización de los problemas de forma metódica y una definición del problema a resolver de forma específica (asociando al menos indicador de desempeño o de comportamientos).

2. **Análisis:** Se hace un análisis para determinar las causas raíces de los problemas de manera adecuada para cada caso. Para ello se realiza:

   a) Matriz de Asignación: Corresponde a una matriz que establece el método de abordaje y responsable para la resolución de algún problema identificado a partir de rango de desviación.

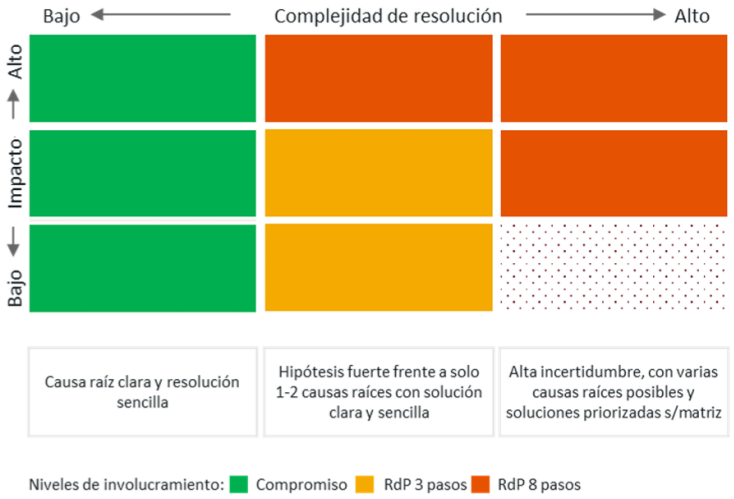


Figura 12.3: Matriz de Asignación
Fuente: Subsistema Ciclo de Mejora, EMICOB

   b) Resolución de Problemas (RdP) de 8 pasos: Corresponde a una herramienta que a través de un método y estructura busca identificar las causas raíces de problemas.



Figura 12.4: Resolución de Problemas de 8 pasos
Fuente: Subsistema Ciclo de Mejora, EMICOB

El método es el siguiente:

1) Definir el Problema: De forma simple y en base a hechos objetivos, comunicando claramente la brecha a resolver.
2) Desglose del problema: se busca desagregar el problema declarado en la etapa anterior, en problemas más pequeños que componen el problema más grande.
3) Definir el Objetivo: Usando el acrónimo SMART (en ingles) para definir buenos objetivos. El objetivo debe ser Específico (S), Medible (M), Alcanzable (A), Relevante (R) y a tiempo o con fecha para cumplirlo (T).
4) Análisis de Causas directas: Busca identificar las razones inmediatas del origen del problema. Para lo anterior, levante hipótesis del primer porqué del problema y verifique con los datos si esto es una hipótesis válida o no. Para esto, se debe utilizar la herramienta que mejor se adecúe a esta necesidad. Se suele utilizar la herramienta de las 6M o también conocida como Diagrama Causa-Efecto o Ishikawa.
5) Identificación de Causas Raíces Aparentes: busca identificar la real razón de la causa directa con enfoque en oportunidades de mejora en los procesos, a través del método 5 ¿Por qué?. Se determinan las soluciones asociadas a cada causa raíz.
6) Desarrollo de Plan de Implementación Táctico (PIT): Estos planes responden a contramedidas o acciones a partir de la identificación de las causas raíz de los problemas que se han identificado para su gestión.

3. **Implementación y Control:** Se hace la implementación de la solución a través del desarrollo de planes de acción, y se controla esta a travez del seguimiento de planes (Gestión de PIT).

4. **Estandarización:** Se crean los estándares necesarios para garantizar el cumplimiento de la mejora en el tiempo, se hace seguimiento de la efectividad y la transferencia de buenas prácticas (en caso de resultados o tendencias positivas).

12.2. CAP-Do

Esta corresponde a la metodología utilizada en el ramo MEC281 "Fundamentos de Mejoramiento Continuo", impartido en la Universidad Técnica Federico Santa María. Corresponde a una metodología más detallada del ciclo PHVA, pero iniciando el ciclo desde la etapa de verificación, ya que se considera que se trabaja desde proyectos ya implementados, y separando en 7 etapas.

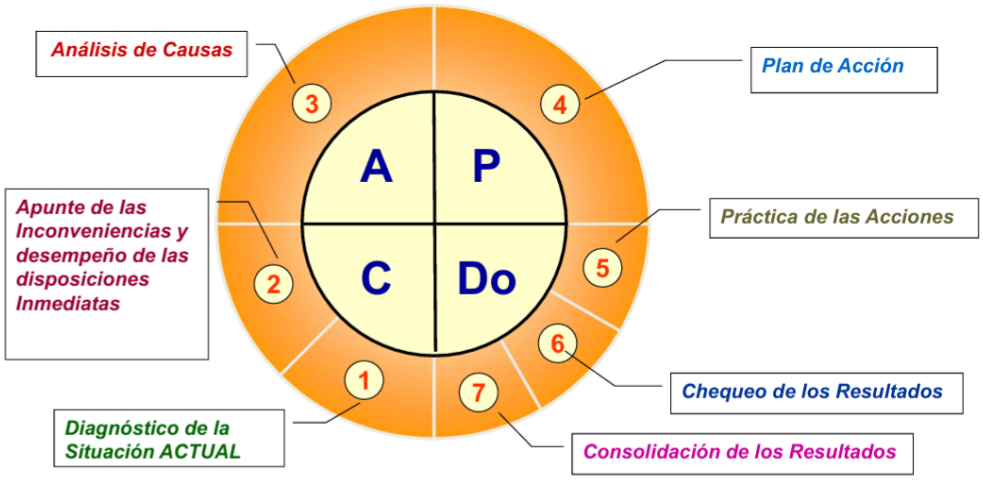


Figura 12.5: Metodología CAP-Do para Mejora Continua
Fuente: Clases de Fundamentos de la Mejora Continua MEC281

El detalle de cada una de sus etapas se presenta a continuación:

- **Etapa 0: Preparación**
  Previo a iniciar el ciclo, se selecciona el tema a trabajar y se conforma el equipo multidisciplinario de mejora.
- **Etapa 1: Diagnóstico de la Situación Actual**
  Se caracteriza el problema mediante la herramienta 5W+1H (Qué, Dónde, Cuándo, Quién, Cuál, y Cómo), se define la situación ideal y se determina la brecha entre esta y la situación actual.
- **Etapa 2: Inconveniencias y Disposiciones**
  Se implementan acciones inmediatas para contener o minimizar los efectos del problema mientras se busca la solución permanente.
- **Etapa 3: Análisis de Causas**
  Se identifican las causas raíces del problema, utilizando herramientas como el diagrama de ishikawa, análisis porqué, entre otros. Luego se generan alternativas de solución mediante Brainstorming, y luego se selecciona la mejor opción mediante criterios de facilidad, costo, beneficios y tiempo de implementación.
- **Etapa 4: Planificación de las Acciones**
  Se desarrolla el plan de acción para implementar las soluciones seleccionadas.
- **Etapa 5: Implantación de las Acciones**
  Se ejecutan las acciones planificadas y se realiza seguimiento a su implementación.

- **Etapa 6: Chequeo de los Resultados**
  Se evalúa el cumplimiento de los resultados esperados y la efectividad de las acciones implementadas.

- **Etapa 7: Consolidación de los Resultados**
  Se estandarizan las mejoras implementadas y se promueve su replicación en otros procesos o áreas.

13. Mejoramiento continuo aplicado al mantenimiento

Según *Manual de gestión de activos y mantenimiento*, el mejoramiento continuo aplicado al mantenimiento tiene como propósito alcanzar niveles cada vez más altos de desempeño organizacional. Para ello, busca abordar tanto los problemas crónicos, mediante la eliminación sistemática de sus causas, como los problemas esporádicos, a través de acciones correctivas oportunas. Asimismo, procura reducir la variabilidad de los procesos respecto de los niveles de desempeño esperados, contribuyendo a una gestión más estable y predecible.

El autor señala que existen dos características fundamentales que distinguen este enfoque de los sistemas tradicionales de dirección:

1. Los estándares de desempeño no son considerados permanentes, sino que deben ser desafiados y mejorados continuamente.

2. La **participación activa de los trabajadores constituye un elemento esencial del proceso de mejora**, promoviendo el trabajo multidisciplinario, la toma descentralizada de decisiones y el **empoderamiento de las personas** para identificar y resolver problemas.

Para que este enfoque pueda implementarse exitosamente, la organización debe generar ciertas condiciones habilitantes:

- Las mejoras requieren un **periodo de aprendizaje antes de generar beneficios medibles**.

- Debe existir **confianza mutua entre trabajadores y niveles directivos**, favoreciendo el libre flujo de ideas y propuestas de mejora.

- Los sistemas de reconocimiento y recompensas deben incentivar la colaboración entre áreas y departamentos.

- El **mejoramiento continuo debe complementarse con capacitación permanente**, tanto en metodologías de resolución de problemas como en los nuevos estándares y procedimientos desarrollados.

- Se requiere un **sistema eficiente para gestionar las ideas de mejora**, evaluar iniciativas, administrar proyectos y realizar seguimiento a los resultados obtenidos.

Cumplidas estas condiciones, es posible establecer un sistema formal de mejoramiento continuo para el mantenimiento. Este debe desarrollarse de manera paralela a las actividades habituales de gestión de mantenimiento, incorporando mecanismos que permitan captar oportunidades de mejora, evaluar su potencial beneficio y desarrollar proyectos orientados principalmente a la reducción de pérdidas crónicas.

En este contexto, la ingeniería de mantenimiento adquiere un rol central, asumiendo la coordinación tanto de las actividades propias de gestión de mantenimiento como de los procesos de mejora continua. De esta manera, la identificación, evaluación e implementación de mejoras deja de ser una actividad esporádica y pasa a formar parte de las funciones permanentes del área, integrándose a los objetivos y responsabilidades habituales de la organización.

14. Barreras humanas en los procesos de transformación

La transformación organizacional es el proceso mediante el cual una empresa cambia su estructura interna, sus procesos, su cultura y su enfoque estratégico para mejorar su desempeño y adaptarse a las nuevas demandas organizacionales y de mercado. Este proceso suele implicar cambios en varios aspectos, como la tecnología, recursos humanos, las operaciones y la estrategia empresarial. El objetivo es optimizar el rendimiento de la empresa y crear una organización más ágil y adaptable.

En relación a los recursos humanos, se suelen encontrar barreras humanas en los procesos de transformación organizacional. Según el modelo propuesto por Nieder y Zimmerman, estas siguen una estructura jerárquica, que distingue tres niveles principales de resistencia: falta de conocimiento ("no sabe"), falta de habilidad ("no puede") y falta de voluntad ("no quiere"). Este modelo suele representarse mediante la **pirámide de resistencia al cambio**, y ha sido difundido en la literatura a través de trabajos como el de Galpin en su libro *The Human Side of Change: A Practical Guide to Organization Redesign*.

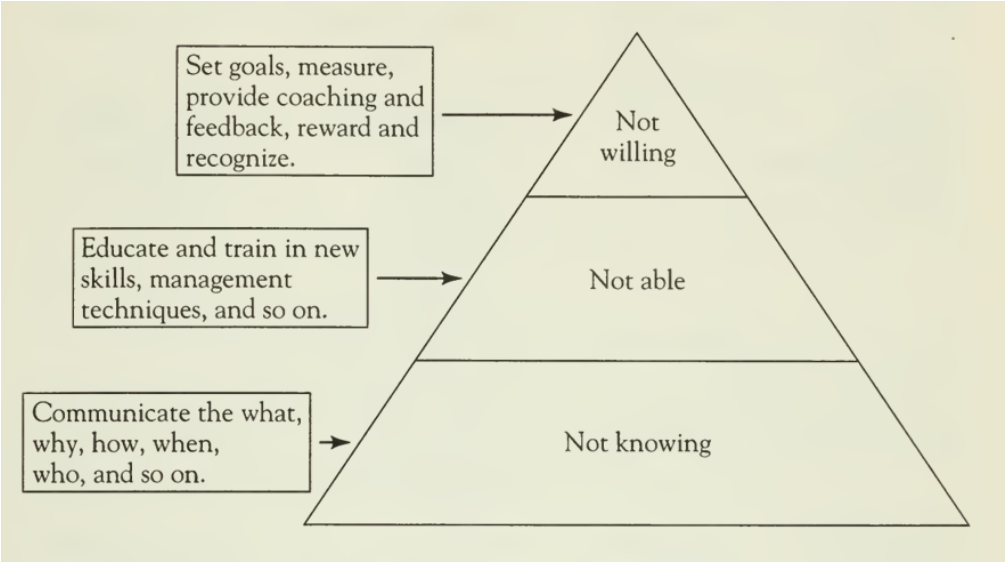


Figura 14.1: Pirámide de resistencia al cambio
Fuente: *The Human Side of Change: A Practical Guide to Organization Redesign*

Considera tres niveles, y se deben abordar en el siguiente orden:

1. **Conocimiento ("No sabe"):** La resistencia surge por **falta de información** sobre el proceso de cambio. El colaborador no comprende el "qué", el "por qué", el "cómo" o el "cuándo" del cambio. Las soluciones frente a este tipo de resistencia implican fortalecer la comunicación sobre el proceso de transformación. La información debe considerar tanto lo que la dirección necesita que las personas conozcan, como lo que los empleados desean saber. Responder estas

preguntas en cada fase del proceso de cambio facilita que las personas avancen al siguiente nivel de la pirámide.

2. **Habilidad ("No puede"):** La resistencia surge porque la persona **no dispone de las habilidades o herramientas necesarias**. Esto no hace referencia a la capacidad técnica de la persona, sino a las instancias o condiciones para desarrollar la habilidad, por lo que las soluciones para este tipo de resistencia suelen implicar capacitación, formación y entrenamiento que permitan desarrollar las competencias requeridas. Esto debe abordarse en los distintos niveles de la organización, desde quienes ejecutan directamente las tareas —fortaleciendo los conocimientos necesarios para realizar el trabajo— hasta los niveles de jefatura, desarrollando sus habilidades comunicativas, su liderazgo y gestión de equipos de trabajo.

3. **Voluntad ("No quiere"):** El nivel superior de la pirámide corresponde a la disposición al cambio. En este caso, la persona no identifica claramente los **beneficios individuales y colectivos** asociados al proceso, por lo que puede surgir la pregunta "¿qué ganamos con esto?". Mientras más se comuniquen y clarifiquen estos beneficios, mayor será la probabilidad de atender las motivaciones personales y fomentar la disposición a participar en el cambio. Entre las acciones habituales se encuentran la definición de metas de desempeño individuales, la evaluación del desempeño, la implementación de mecanismos de retroalimentación y el reconocimiento o recompensa a los logros obtenidos.

15. Gestión de información SAP PM e Indicadores

La gestión de mantenimiento desarrollada en la División se apoya principalmente en el módulo SAP PM (*Plant Maintenance*), plataforma utilizada para administrar la información asociada a los activos físicos, planes de mantenimiento, avisos, órdenes de trabajo e indicadores de gestión.

SAP PM organiza la información mediante distintas transacciones, cada una orientada a una tarea específica y diseñada para visualizar o gestionar los datos de una forma particular. Por ejemplo, la transacción *IW39* permite visualizar órdenes de trabajo y sus respectivos antecedentes, mientras que la transacción *IP18* permite consultar los planes de mantenimiento existentes en el sistema.

Adicionalmente, la utilización de la plataforma es apoyada por el área de **Soporte SAP PM**, responsable de brindar asistencia técnica a los usuarios y apoyar determinadas actividades de gestión relacionadas con la administración de datos maestros y procesos del sistema.

En lo que respecta a los planes de mantenimiento, su despliegue en SAP PM puede realizarse de dos maneras:

- **Carga Manual:** Consiste en la creación y modificación de planes directamente mediante las transacciones disponibles en SAP PM.
- **Carga Masiva:** Utiliza plantillas estandarizadas en formato Excel, las cuales permiten cargar simultáneamente los múltiples objetos técnicos que constituyen a un plan de mantenimiento, facilitando la gestión de grandes volúmenes de información.

Respecto del ciclo de mantenimiento, la gestión operativa se desarrolla principalmente a través de avisos SAP PM, los cuales constituyen el mecanismo formal para registrar requerimientos de mantenimiento, fallas, hallazgos y otras necesidades de intervención sobre los activos. Existen principalmente dos categorías de avisos:

- **Avisos Planificados (PL):** Generados automáticamente a partir de los planes de mantenimiento definidos en el sistema.
- **Avisos No Planificados (NP):** Corresponden a requerimientos no contemplados originalmente en los planes de mantenimiento. Generalmente se originan por:
  - Actividades necesarias no consideradas en los planes de mantenimiento vigentes.
  - Hallazgos detectados durante la ejecución de trabajos de mantenimiento.
  - Fallas con detención de equipos.
  - Situaciones de emergencia que requieren adelantar la ejecución de trabajos.

Posteriormente, estos avisos son gestionados por el área de Planificación, la cual evalúa su prioridad, alcance y requerimientos, generando las correspondientes órdenes de trabajo para su ejecución.

Tanto los avisos como las órdenes de trabajo se encuentran asociados a una ubicación técnica, código estructurado que permite identificar la localización exacta del activo dentro de la organización, distinguiendo aspectos como la división, área, proceso, taller y equipo involucrado.

Una vez generadas las órdenes de trabajo, el área ejecutora realiza las actividades de mantenimiento correspondientes, registrando en SAP PM la información asociada a la ejecución, incluyendo horas hombre, materiales utilizados, hallazgos detectados y observaciones relevantes. Finalmente, las órdenes son notificadas y cerradas formalmente en el sistema.

La información almacenada en SAP PM constituye además la principal fuente de datos para el análisis del desempeño de la gestión de mantenimiento. Para ello se utilizan herramientas corporativas como **Datamark** y distintos tableros Power BI, los cuales permiten procesar la información operacional, calcular indicadores de gestión y disponer de reportes para apoyar la toma de decisiones y los procesos de mejora continua.

16. Metodología de la Investigación

Según Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio en su libro *Metodología de la Investigación*, existen dos tipos de enfoques en un estudio, cualitativo y cuantitativo.

16.1. Enfoque del estudio

El enfoque cuantitativo utiliza la recolección de datos para probar hipótesis (cuando corresponda), con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el propósito de establecer pautas de comportamiento y comprobar teorías.

Por su parte, el enfoque cualitativo se basa en la recolección y análisis de datos para afinar las preguntas de investigación, responderlas o generar nuevas interrogantes durante el proceso interpretativo (para futuras investigaciones). Este enfoque es dinámico, y se caracteriza por un proceso más bien circular, en el cual la secuencia no es necesariamente lineal, ya que varía según cada estudio.

En las siguientes imágenes se representan las distintas fases a seguir para ambos tipos de enfoques:

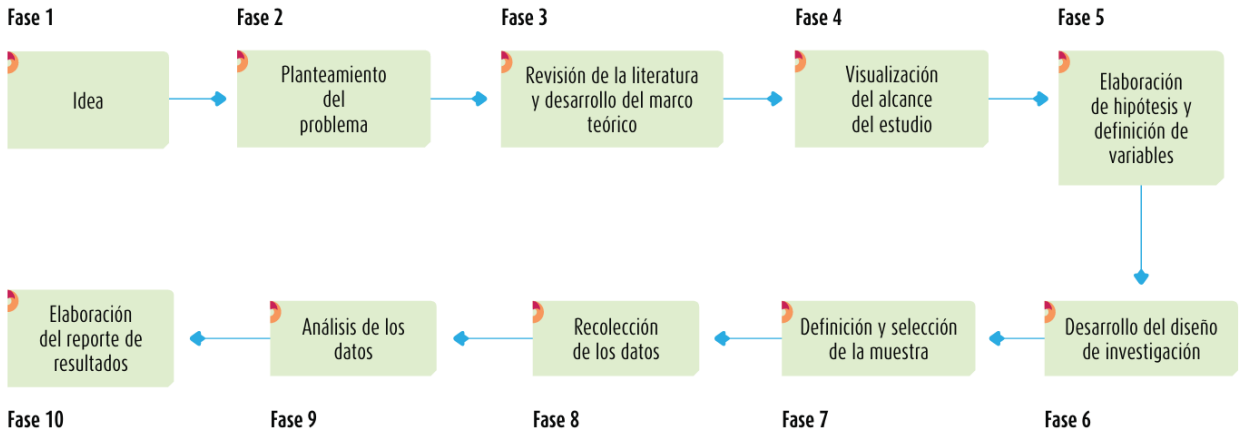


Figura 16.1: Fases de una investigación cuantitativa
Fuente: *Metodología de la Investigación*

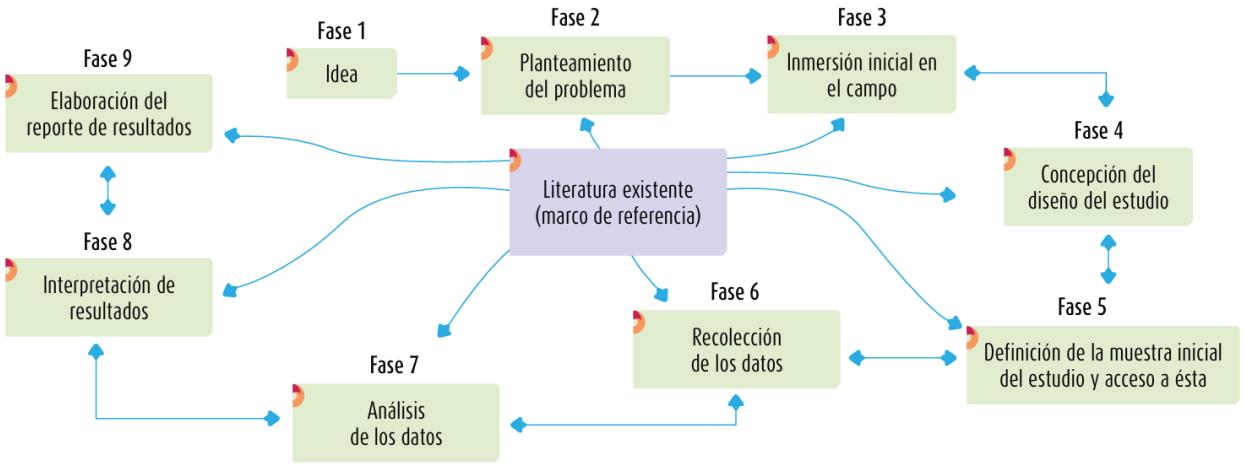


Figura 16.2: Fases de una investigación cualitativa
Fuente: *Metodología de la Investigación*

Además, se puede hacer una investigación mixta, Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio afirma: "La meta de la investigación mixta no es reemplazar a la investigación cuantitativa ni a la investigación cualitativa, sino utilizar las fortalezas de ambos tipos de indagación, combinándolas y tratando de minimizar sus debilidades potenciales". Agrega también que se debe elegir un enfoque que se acomode tanto al planteamiento del problema, como a la experiencia y capacidad del investigador.

Considerando el enfoque seleccionado, se debe determinar tanto el alcance del estudio, como se debe diseñar el instrumento de investigación.

16.2. Alcance del estudio

Según Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio, las investigaciones pueden clasificarse según su alcance en *exploratorias*, que buscan hacer la exploración inicial de una variable desconocida, *descriptivas*, que buscan describir la incidencia de una población a varias variables, *correlacionales-causales*, que describen relaciones causa-efecto entre dos o más variables, y *explicativas*, que buscan responder las causas a fenómenos físicos o sociales.

Asimismo, el autor señala que la formulación de hipótesis depende del alcance definido, siendo habitual en estudios correlacionales-causales y explicativos.

16.3. Diseño de la investigación

De acuerdo con Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio, las investigaciones pueden ser experimentales o no experimentales. Estas últimas analizan los fenómenos sin manipular deliberadamente las variables de estudio y pueden clasificarse en longitudinales o transversales, dependiendo de si consideran o no la evolución temporal de los fenómenos analizados.

Además, Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio agrega que las encuestas de opinión corresponden generalmente a investigaciones no experimentales de tipo transversal, utilizadas para describir características de una población y analizar percepciones o relaciones entre variables en un momento determinado.

16.4. Definición de la Muestra

Posteriormente, se hace necesario definir la muestra que describirá la población estudiada. Según Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio, la muestra es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población, para posteriormente generalizar los resultados.

Su definición depende del enfoque de la investigación:

- En un enfoque cuantitativo, la muestra debe definirse y delimitarse previamente con precisión, y ser representativa de la población, asegurando validez externa y representatividad estadística.

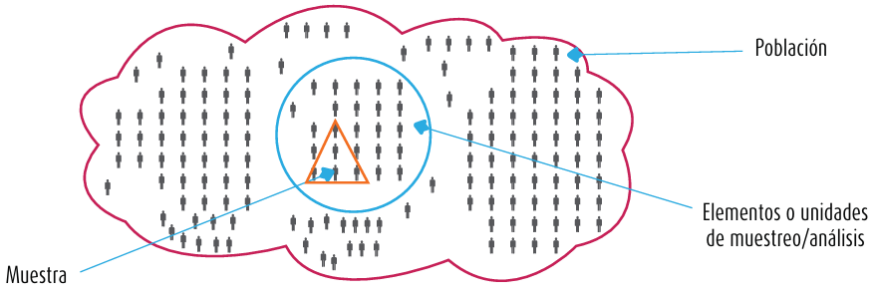


Figura 16.3: Representación de una muestra como subgrupo

Fuente: *Metodología de la Investigación*

- En los estudios con enfoque cualitativo, la muestra se define de manera progresiva durante el proceso de investigación, alcanzando su tamaño final cuando se logra la saturación de la información, es decir, cuando nuevos participantes no aportan antecedentes relevantes. Dentro

de este enfoque destaca la **muestra de participantes voluntarios** o autoseleccionada, en la que las personas deciden participar de forma voluntaria en la investigación.

- Para un enfoque mixto, Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio señala: "A quien realiza por primera vez un estudio mixto se le recomienda, por facilidad, que delimite el planteamiento y elija una muestra aleatoria de tamaño razonable y una pequeña muestra por propósito".

Posterior a estas definiciones, la investigación debe continuar con las fases apropiadas según su enfoque, considerando generalmente la recolección de los datos, su análisis, interpretación y su reporte final.

Capítulo III

Marco Metodológico

Como fue indicado anteriormente en la Sección 3, el desarrollo de este trabajo se dividirá principalmente en dos partes, cada una relacionada a cada una de las preguntas principales de investigación.

17. Primera parte: Investigación

En esta parte del trabajo, se busca responder la primera pregunta de investigación: **¿Cuál es la oportunidad de mejora en la Gestión de Mantenimiento de la División que, de ser aprovechada, generaría el mayor impacto positivo?**.

Para ello, resulta necesario primero definir el enfoque de la investigación, ya sea cuantitativo, cualitativo o mixto, puesto que esta definición determina el diseño metodológico a seguir.

En base a el primer problema planteado en la Sección 3, y según lo indicado en la Sección 16 resulta lógico realizar este trabajo mediante una investigación de enfoque cualitativo. Esto ya que se busca comprender la perspectiva del personal y sus principales inquietudes para determinar las principales oportunidades de mejora en la gestión de mantenimiento.

Sin embargo, ya que también se busca determinar la percepción del personal respecto de distintas dimensiones relacionadas al SOMA y a la gestión de mantenimiento, para así mapear e identificar tendencias entre las diferentes áreas, también se requiere un análisis cuantitativo.

Se considera, por lo tanto, una investigación con **enfoque mixto, predominantemente cualitativo**, ya que se busca aprovechar las fortalezas de ambos enfoques, y que este enfoque se adapta mejor con las preguntas de investigación planteadas, que priorizan la detección de oportunidad de mejora, y evalúan de manera complementaria si existe relación con la percepción del personal respecto de distintas dimensiones relacionadas con el SOMA y la gestión de mantenimiento.

Por lo tanto, se crea la siguiente metodología para esta parte, que rescata la estructura de ambos enfoques:

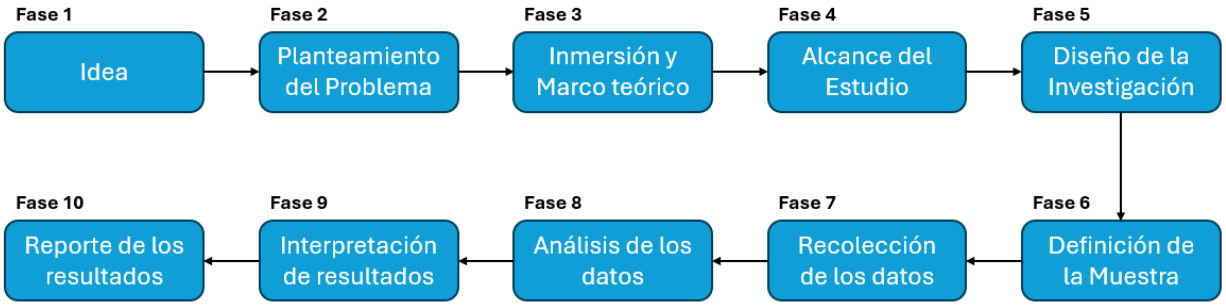


Figura 17.1: Metodología Parte 1
Fuente: Elaboración propia

Considerar, que no se considera hipótesis en esta metodología ya que en base a lo detallado en el alcance del estudio (Subsección 16.2), **no se establece hipótesis** por la naturaleza del estudio, ya que no se busca pronosticar un hecho.

Considerar además, que las fases 1 y 2 de esta metodología se realizaron en el Capítulo I. Además, inmersión comentada en la fase 3 fue realizada durante la estadía en la planta, y el marco teórico construido se encuentra en el Capítulo II. Las siguientes fases (o etapas) se desarrollan en el capítulo Primera Parte: Investigación.

18. Segunda Parte: Desarrollo de la Solución

En esta parte del trabajo, se busca responder la segunda pregunta de investigación: **¿Cuál es la alternativa de solución más adecuada para abordar la oportunidad de mejora seleccionada y cuál es el plan de implementación gradual más apropiado, considerando el contexto operacional y el nivel de madurez de la División?**.

Para ello, se abordará usando metodologías de mejora continua, ya que esta parte implica un análisis causal, desarrollo de soluciones, y selección de la solución más adecuada. Si se considera tanto el CAP-Do, como el Subsistema Ciclo de Mejora Continua, se puede notar la equivalencia entre ambas metodologías, sin embargo, se consideran las siguientes ventajas y desventajas de cada una:

Tabla 18.1: Ventajas y Desventajas Metodologías KAIZEN

	Ventajas	**Desventajas**
Subsistema Ciclo de Mejora	Distintas metodologías de resolución según matriz asignación. Definición de Objetivos SMART. Considera causas directas y causas raíz aparentes.	No define situación inicial e ideal para establecer brecha. Considera una única solución por cada causa raíz.
CAP-Do	Considera inconveniencias y disposiciones (no aplicable al proyecto). Método para definir situación actual e ideal 5W+H. Método para definir plan de acción 5W+2H. Permite evaluar distintas soluciones para determinar más apropiada.	No desglosa el problema en problemas más pequeños. No considera diferencia entre causas directas y causas raíces.

Se diseña, por lo tanto, una metodología híbrida que integra las fortalezas de cada uno de los métodos, con el propósito de estructurar un enfoque riguroso, robusto y coherente con los objetivos del proyecto, permitiendo un análisis más detallado y una posible **aplicación tanto en el ámbito académico como en el contexto organizacional de la empresa**:

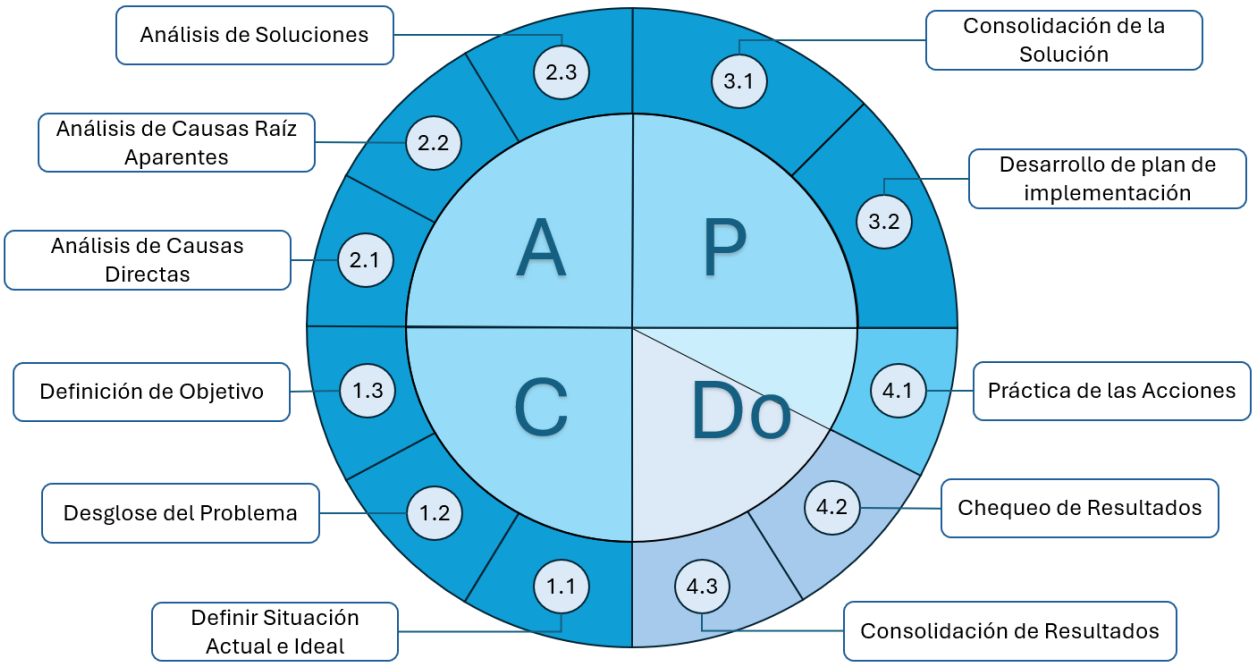


Figura 18.1: Metodología Parte 2
Fuente: Elaboración propia

Notar que, las últimas tres etapas de la metodología (Do), pese a ser planteadas, no aplican para este proyecto en concreto, ya que este proyecto busca **proponer acciones** para la mejora continua de la gestión de mantenimiento.

Capítulo IV

Primera Parte: Investigación

Se sigue, lo indicado en el Marco Metodológico para la parte 1 del proyecto.

19. Alcance del estudio

Se debe definir el alcance que tendrá la investigación para establecer sus límites conceptuales y metodológicos, según los definidos en la Subsección 16.2.

Para este trabajo en concreto, se selecciona un alcance del tipo **descriptivo**, ya que se tienen como objetivo indagar una población, ubicando a un grupo de personas, objetos, situaciones o fenómenos en una o varias variables y proporcionando su descripción.

Tal como es indicado en el Marco Metodológico, no se formula hipótesis, ya que el estudio no busca pronosticar un hecho o un dato, si no que identificar oportunidades de mejora en la gestión de mantenimiento y describir la Superintendencia de Mantenimiento.

20. Diseño de la investigación

En base a lo indicado en la Sección 16, se diseña una investigación del tipo:

No experimental, transversal y descriptiva, del tipo encuesta de opinión.

Esto ya que no se busca perturbar variables, si no meramente describir la población en el instante de la investigación. Se utiliza un formato de encuesta de opinión ya que se basa en la participación voluntaria del personal.

21. Definición de la Muestra

Debido a lo indicado en la Sección 16, existe flexibilidad en el muestreo para investigaciones con enfoque mixto, especialmente cuando predomina el componente cualitativo. Se opta por una **muestra no probabilística de participantes voluntarios**.

Idealmente **se busca representar a la Superintendencia de Mantenimiento completa**. Sin embargo, no se dispone del tiempo (ver la Subsección 3.3) para entrevistar a la totalidad del personal, compuesto por 92 personas, ni existe la facultad de exigir su participación.

Por ello, la recolección de datos (ver la Sección 22) se realizará mediante una encuesta en línea de aplicación masiva, con el objetivo de **alcanzar al mayor número posible de participantes**. Complementariamente, se efectuarán entrevistas presenciales o por videollamada a personas influyentes para profundizar y enriquecer la información obtenida.

22. Recolección de los datos: Encuesta/Entrevista de Diagnóstico

Esta etapa considera la creación de un instrumento de medición para su posterior aplicación sobre la muestra. Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio afirma, que "El investigador debe decidir los tipos específicos de datos cuantitativos y cualitativos que habrán de ser recolectados".

Considerando que esta primera parte del proyecto busca responder la primera pregunta de investigación: *¿Cuál es la oportunidad de mejora en la Gestión de Mantenimiento de la División que, de ser aprovechada, generaría el mayor impacto positivo?*, pero adicionalmente se busca responder la pregunta complementaria: *¿Es posible mapear la percepción del personal respecto de distintas dimensiones relacionadas con el SOMA y la gestión de mantenimiento, y vincular dichos resultados con las brechas identificadas?*, se crea el siguiente instrumento: **Encuesta/Entrevista de Diagnóstico**. Este instrumento considera dos secciones, la sección cuantitativa y la sección cuantitativa, con preguntas o afirmaciones cerradas y abiertas respectivamente, de tal manera de destinar mayor tiempo y calidad de información al apartado con enfoque cualitativo. Se utilizó el mismo formato base para las encuestas y las entrevistas realizadas, pero como fue mencionado en la subsección anterior, la encuesta en línea se hizo con el objetivo de alcanzar al mayor número posible de participantes, por lo que se realizó a través de Microsoft Forms, y las entrevistas con el objetivo de profundizar y enriquecer la información obtenida. Es por esto, que se entrevistó exclusivamente a personas de distintas áreas que se consideraran con alto nivel de conocimiento e influencia, y para rescatar aún mayor calidad de información, se les incorporaron preguntas específicas de acuerdo a su rol en la empresa, con el fin de rescatar información relevante desde su experiencia y perspectiva.

Se procede a explicar el detalle de formato de tanto la Encuesta como las Entrevistas de Diagnóstico:

22.0.1. Sección Cuantitativa

Para esta sección se trabajó con una serie de afirmaciones, para que el encuestado/entrevistado responda su nivel de acuerdo con estas en escala de Likert. Esta escala permite llevar una investigación cualitativa a una cuantitativa, asociando luego un valor numérico a cada respuesta que será analizado.



Figura 22.1: Escala de Likert
Fuente: Elaboración propia y Google Imágenes

Busca **conocer la percepción del personal respecto distintas dimensiones**, principalmente conocimiento SOMA, compromiso, colaboración. La siguiente tabla indica las afirmaciones de esta sección, junto con la dimensión que evalúa cada una de estas:

Tabla 22.1: Afirmaciones de la Sección Cuantitativa y Dimensiones que evalúan

N°	**Afirmación**	**Dimensión**
1	Conozco el modelo SOMA para la gestión de mantenimiento y sus distintas fases.	Conocimiento del SOMA.
2	Considero que los lineamientos del modelo SOMA son fundamentales para una buena gestión del mantenimiento.	Valorización del SOMA.
3	Aplico diariamente en mi trabajo los lineamientos o prácticas definidas por del modelo SOMA.	Aplicación del SOMA.
4	En ciertos casos, el contexto operacional de la División impide aplicar los estándares del modelo SOMA y es necesario adaptarse a dicho contexto **(justifique si está de acuerdo)**.	Limitaciones Contextuales.
5	Considero que mi trabajo es importante para los resultados generales de la Superintendencia de Mantenimiento y Proyectos.	Valoración de su trabajo.
6	Deseo que la gestión de mantenimiento en la División mejore y estoy dispuesto a contribuir a ese cambio.	Compromiso del personal.
7	Conozco la metodología establecida por la Gerencia Corporativa de Excelencia Operacional para desarrollar proyectos de mejora continua.	Conocimiento de Metodología KAIZEN.
8	Mi equipo de trabajo y yo participamos activamente en iniciativas de mejora continua dentro de la gestión de mantenimiento.	Colaboración del equipo
9	Recibo apoyo, supervisión, la preparación y los equipos adecuados para aplicar el modelo SOMA y ejecutar proyectos de mejora continua.	Apoyo Institucional.

En la cuarta pregunta, de responderse de forma afirmativa, se pidió justificar su respuesta. De

manera de usar esa información como información cualitativa en el análisis.

Para determinar el puntaje asociado a cada respuesta, se debe considerar que según Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio en su libro *Metodología de la Investigación*, las afirmaciones usadas para estudios con escala de likert pueden tener dirección: positiva (favorable) y negativa (desfavorable).

- **Afirmación positiva (favorable):** Califica favorablemente al objeto de actitud. Cuanto más de acuerdo estén los sujetos, su actitud será más favorable.
- **Afirmación negativa (desfavorable):** Califica desfavorablemente al objeto de actitud, y cuanto más de acuerdo estén los sujetos con la afirmación, su actitud es menos favorable, esto es, más desfavorable.

Para este caso, las afirmaciones son todas favorables o positivas, a excepción de la afirmación 4. Por lo que, la puntuación asociada a cada afirmación son las siguientes:

Tabla 22.2: Puntajes asociados a respuestas de Sección Cuantitativa

N°	**Muy en Desacuerdo**	**En desacuerdo**	**Ni en desacuerdo, ni en acuerdo**	**De acuerdo**	**Muy de acuerdo**
1	1	2	3	4	5
2	1	2	3	4	5
3	1	2	3	4	5
4	5	4	3	2	1
5	1	2	3	4	5
6	1	2	3	4	5
7	1	2	3	4	5
8	1	2	3	4	5
9	1	2	3	4	5

Esta puntuación fue usada para el análisis cuantitativo de los resultados de la encuesta.

22.0.2. Sección Cualitativa

En esta sección se hicieron tres preguntas abiertas diseñadas para **identificar oportunidades de mejora** en la gestión de mantenimiento desde distintas perspectivas y niveles de profundidad. Fueron las siguientes:

Tabla 22.3: Preguntas de la Sección Cualitativa

N°	**Pregunta**
1	¿Qué cree que limita la mejora continua de la gestión de mantenimiento en la División?, ¿qué cambiaría y por qué?
2	Dentro de su área de trabajo, ¿qué cambio se podría implementar que considera que tendría el mayor impacto positivo en la gestión de mantenimiento y por qué? (Considerar formas de facilitar su trabajo, creación de mejores estándares, etc.)
3	¿Qué otro(s) cambio(s) considera que tendría(n) un alto impacto positivo en la gestión de mantenimiento?, ¿Qué más puede ser relevante a la mejora de la gestión de mantenimiento de la División?

La primera pregunta busca comprender las barreras que dificultan la mejora continua, orientando a las personas a reflexionar no solo sobre qué desean mejorar, sino sobre los factores que actualmente impiden determinar, e implementar mejoras. La segunda pregunta dirige el enfoque hacia la propia área del participante, reconociendo que suele ser más fácil identificar oportunidades de mejora fuera de un mismo equipo. Con esto se incentiva a visualizar cambios internos que podrían generar beneficios significativos en toda la gestión de mantenimiento. Finalmente, la tercera pregunta amplía nuevamente la mirada, permitiendo que el participante plantee cualquier otra mejora de alto impacto, sin restringirse a su área. Esto busca rescatar la mayor cantidad posible de oportunidades, capturando elementos que podrían no haber surgido en las preguntas anteriores.

23. Análisis de los datos

Dado que el proyecto requiere la colaboración transversal de las áreas de Confiabilidad, Planificación, Ejecución y Suministros, la iniciativa fue presentada previamente en sus respectivos diálogos de desempeño, detallando su alcance, objetivos y la metodología de aplicación de encuestas y entrevistas. Posteriormente, la encuesta fue difundida a todo el personal de las áreas involucradas mediante correo electrónico, grupos internos de WhatsApp y la instalación de afiches con el código QR que lleva a la encuesta en puntos estratégicos de la planta, con el fin de facilitar y promover su participación.

Una vez implementada la encuesta, se dio inicio a las entrevistas a actores clave, principalmente jefaturas y personas influyentes de las distintas áreas. Esta etapa se complementó con el análisis de información histórica de la Superintendencia de Mantenimiento, particularmente mediante la revisión de los resultados obtenidos en años anteriores en la **Auditoría de Evaluación de Madurez SOMA**.

23.1. Tendencias Evaluación SOMA

En esta etapa se recopilaron los resultados históricos de los distintos aspectos considerados en la Evaluación de Madurez SOMA. A partir de esta información, se construyó una base de datos que permitió analizar su evolución en el tiempo, en cumplimiento del objetivo específico N°2 del presente trabajo (ver la Subsección 2.2).

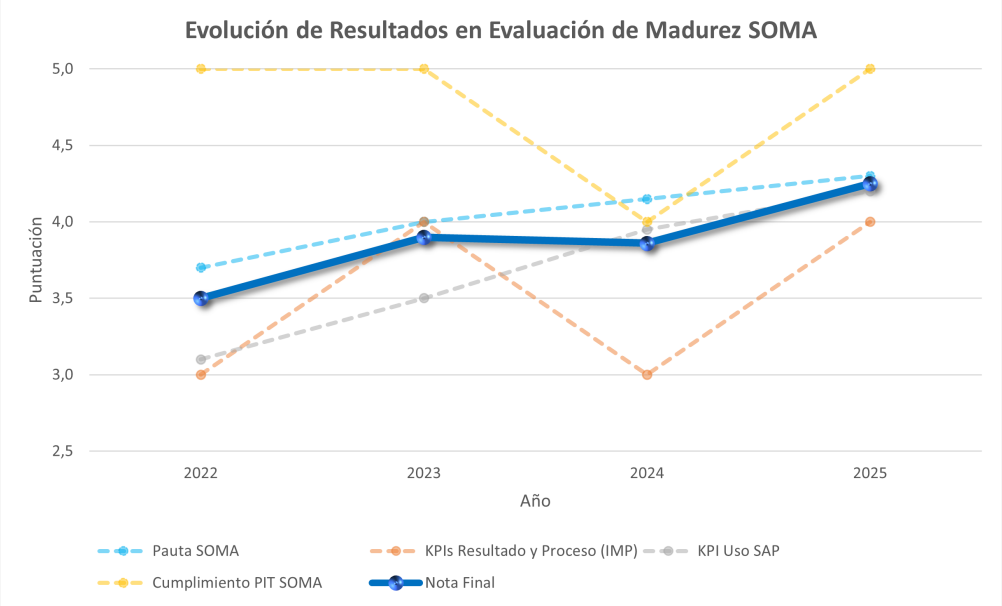


Figura 23.1: Evolución de Resultados en Evaluación de Madurez SOMA
Fuente: Elaboración propia a partir de Bases de Datos de Evaluación SOMA

Se observa que se dispone de información a partir del año 2022. En el año 2024 se evidencia un leve deterioro en los resultados, explicado principalmente por la disminución en los KPIs de Resultado y Proceso (IMP), los cuales presentan una mayor ponderación relativa. Adicionalmente, el indicador PIT SOMA también muestra una disminución en su desempeño durante el mismo periodo.

Pauta SOMA

En cuanto a la Pauta SOMA, se lograron obtener datos desde el año 2021, obteniendo de esta manera la siguiente tendencia:

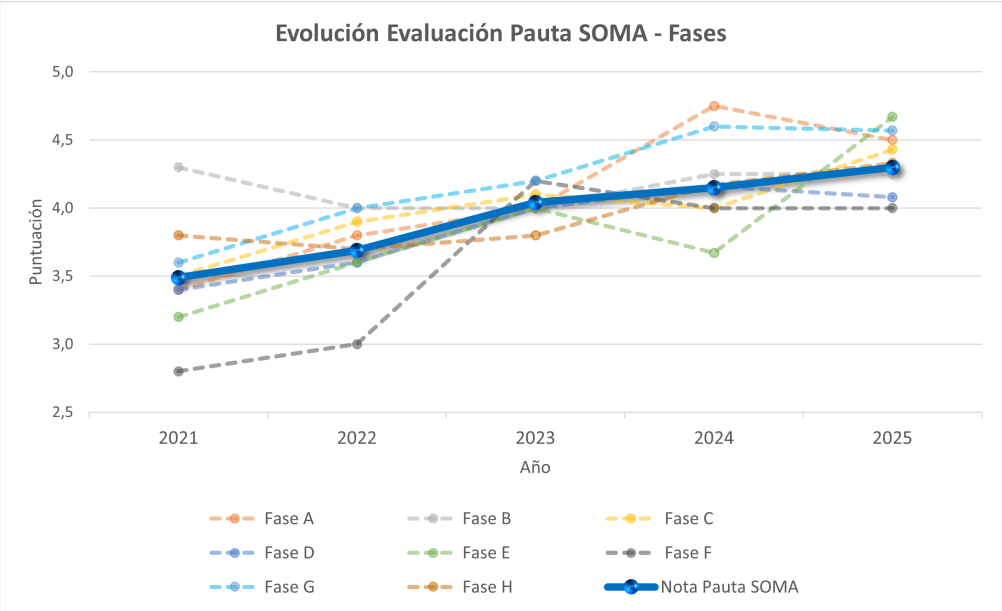


Figura 23.2: Evolución de Resultados en Pauta SOMA, según Fase
Fuente: Elaboración propia a partir de Bases de Datos de Evaluación SOMA

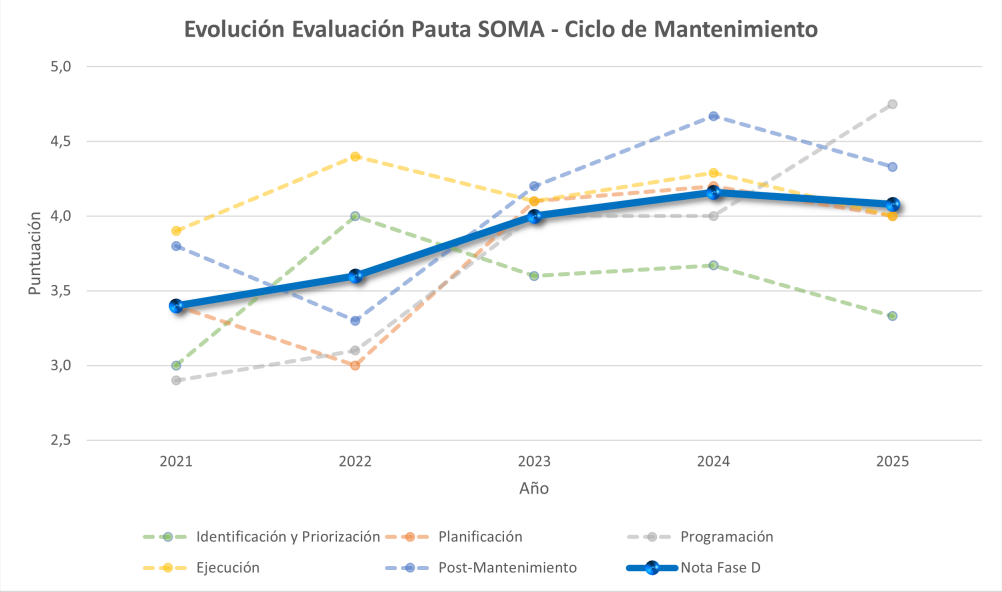


Figura 23.3: Evolución de Resultados en Pauta SOMA en Fase D (Ciclo de Mantenimiento
Fuente: Elaboración propia a partir de Bases de Datos de Evaluación SOMA

Cabe destacar la tendencia general al alza, que se presenta en cada una de las fases. Además, la misma tendencia se evidencia en el detalle de la fase D (ciclo de mantenimiento), destacando la mejora en la etapa de programación.

KPIs Uso SAP PM

En cuanto a KPIs Uso SAP PM, se pudo recopilar información desde inicios del año 2024 con frecuencia mensual, obteniendo de esta manera la siguiente tendencia:

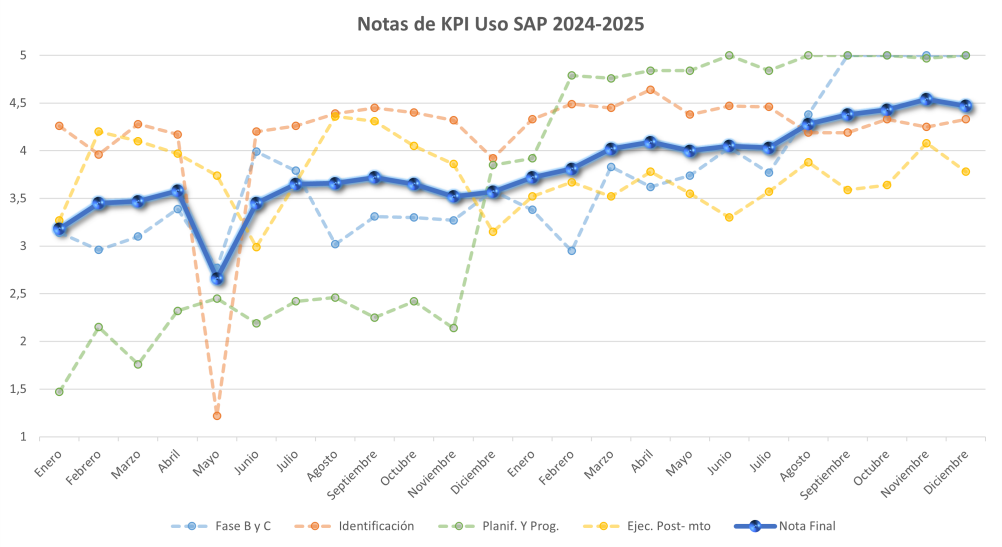


Figura 23.4: Evolución de Resultados en KPIs Uso SAP PM
Fuente: Elaboración propia a partir de Bases de Datos de Evaluación SOMA

Notar la tendencia general al alza, el declive de mayo 2024, y que la principal mejora se evidencia en los KPIs de las etapas de planificación y programación.

KPIs Resultado y Proceso, y PIT SOMA

No se pudo recopilar esta información para el análisis. No existe registro de otros años.

23.2. Resultados Encuesta/Entrevista de Diagnósitco

23.2.1. Participación

Como se mencionó anteriormente, la Superintendencia de Mantenimiento (SIM) tiene 3 jefaturas, lideradas por el Ingeniero Jefe de Confiabilidad y Planificación, la Ingeniera Jefa de Ejecución, y el Ingeniero Jefe de Suministros. La participación de estas áreas fue según los siguientes gráficos:

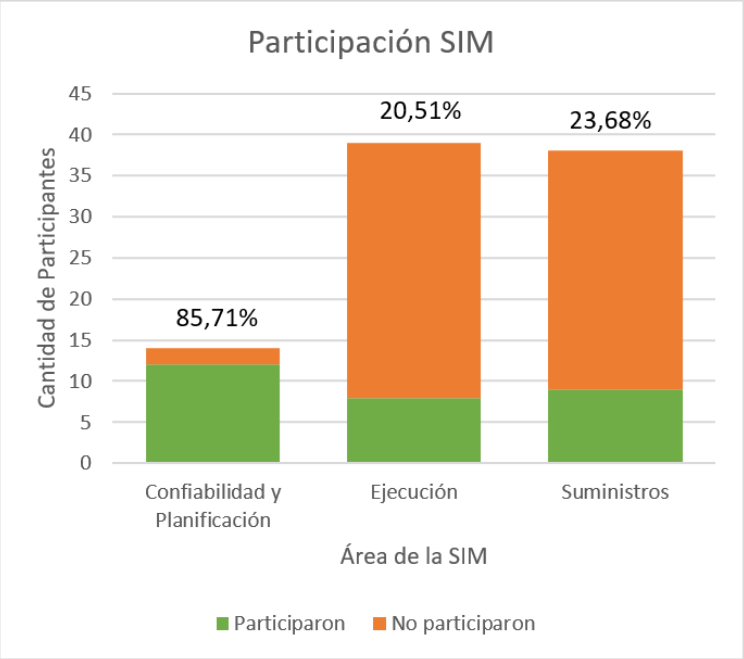


Figura 23.5: Participación por Área SIM
Fuente: Elaboración propia

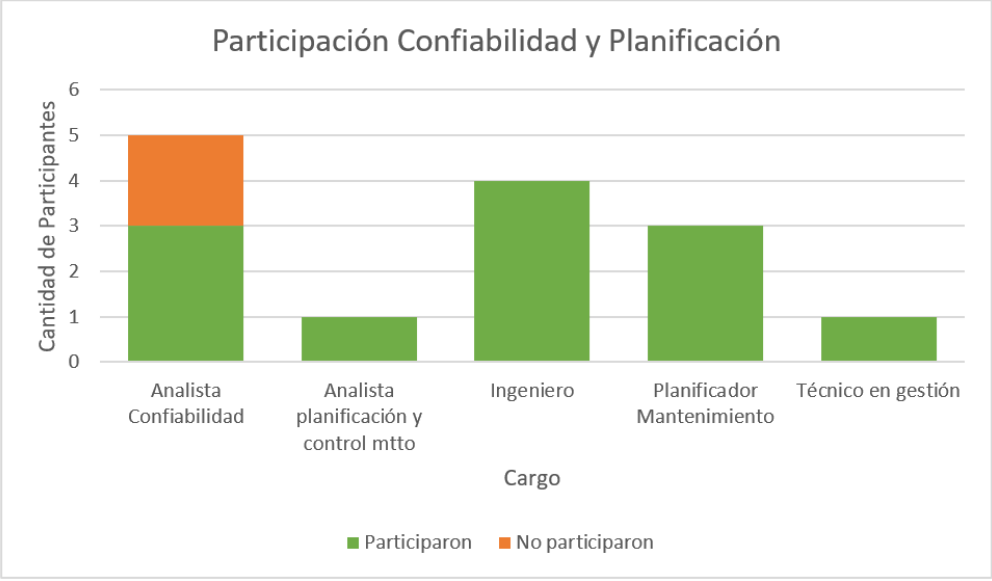


Figura 23.6: Participación Confiabilidad y Planificación
Fuente: Elaboración propia

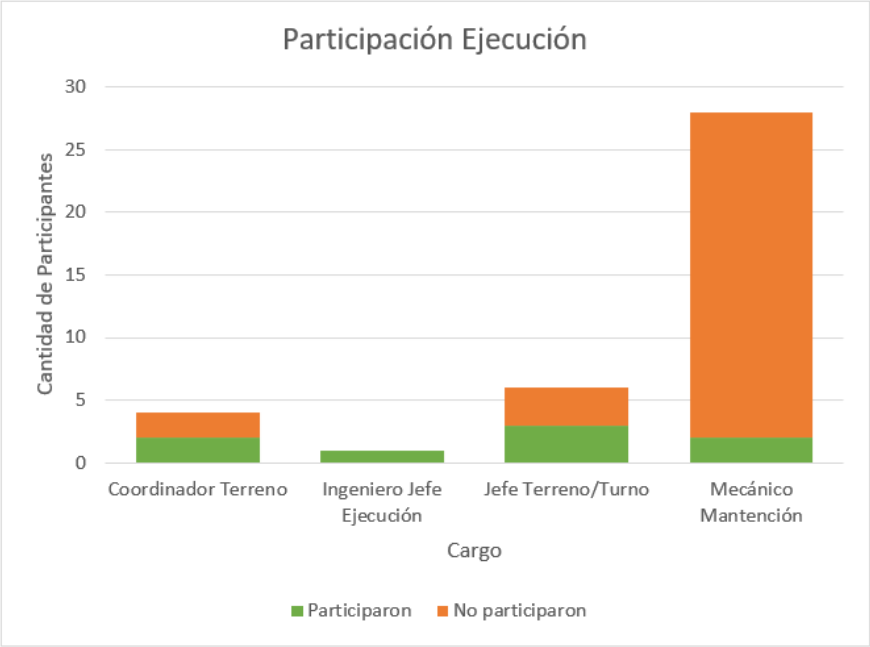


Figura 23.7: Participación Ejecución
Fuente: Elaboración propia

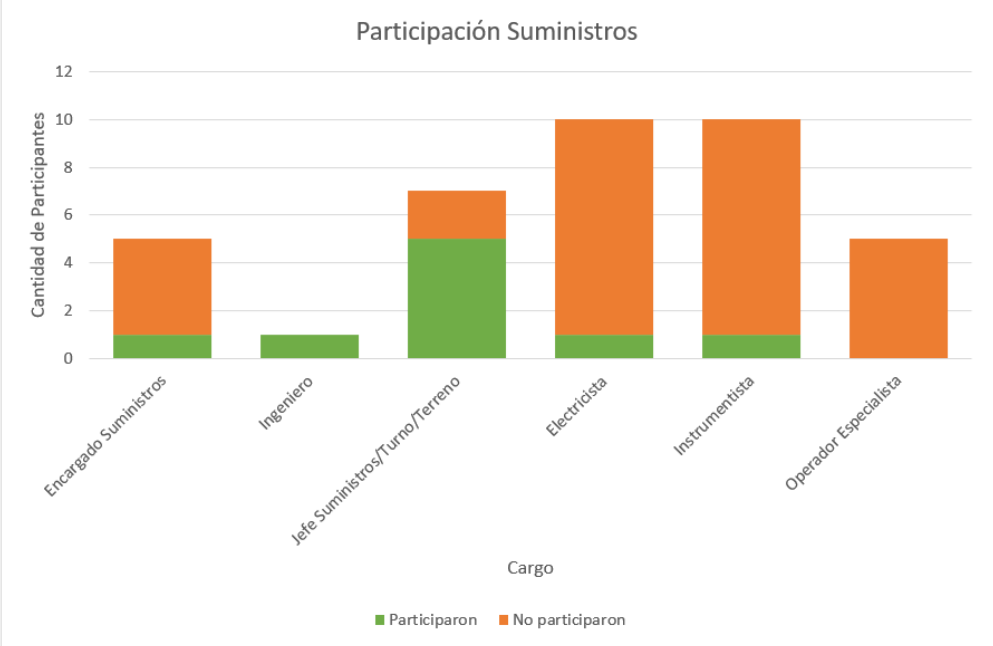


Figura 23.8: Participación Suministros
Fuente: Elaboración propia

Notar la baja participación del área ejecutora y suministros, especialmente los mecánicos, electricistas e instrumentistas.

23.2.2. Sección Cuantitativa

En la siguiente tabla se indica la cantidad de respuestas dadas para los distintos puntajes asociados según la Tabla 22.2 a las preguntas de la Sección Cuantitativa:

Tabla 23.1: Cantidad de Respuestas por Puntaje en Sección Cuantitativa

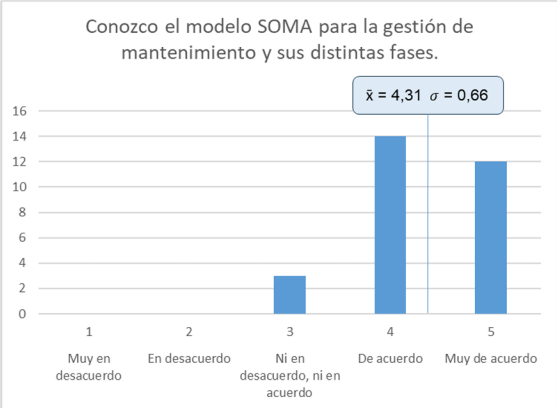
Puntaje	**Pregunta**								
	N°1	**N°2**	**N°3**	**N°4**	**N°5**	**N°6**	**N°7**	**N°8**	**N°9**
1	0	0	0	3	0	0	1	0	0
2	0	0	0	16	0	0	5	1	2
3	3	1	4	10	2	0	11	3	8
4	14	13	17	0	5	6	10	14	15
5	12	15	8	0	22	23	2	11	4

Las principales medidas de tendencia central asociadas a los puntajes obtenidos en las preguntas se detallan en la siguiente tabla:

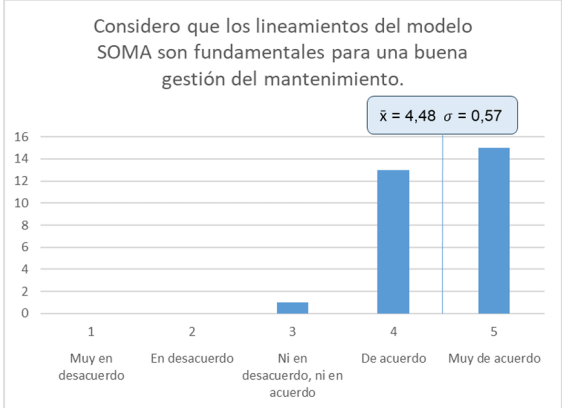
Tabla 23.2: Medidas de Tendencia Central de Respuestas en Sección Cuantitativa de Confiabilidad y Planificación

Medida Tendencia Central	**Pregunta**								
	N°1	**N°2**	**N°3**	**N°4**	**N°5**	**N°6**	**N°7**	**N°8**	**N°9**
Promedio	4,31	4,48	4,14	2,24	4,69	4,79	3,24	4,21	3,72
Desviación Estándar	0,66	0,57	0,64	0,64	0,60	0,41	0,95	0,77	0,80
Mediana	4	5	4	2	5	5	3	4	4
Moda	4	5	4	2	5	5	3	4	4

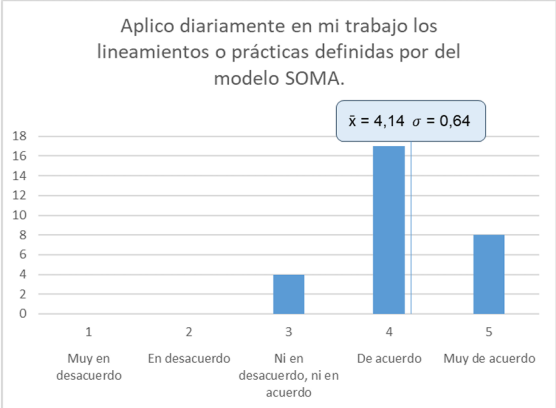
Estos valores pueden representarse en los siguientes gráficos:



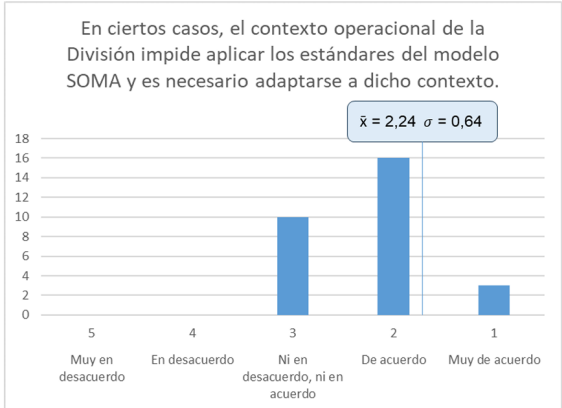
(a) Pregunta 1



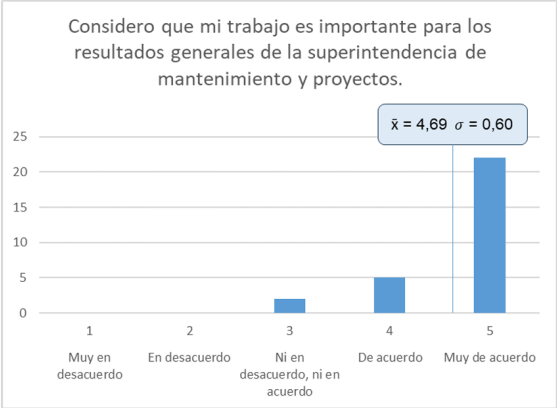
(b) Pregunta 2



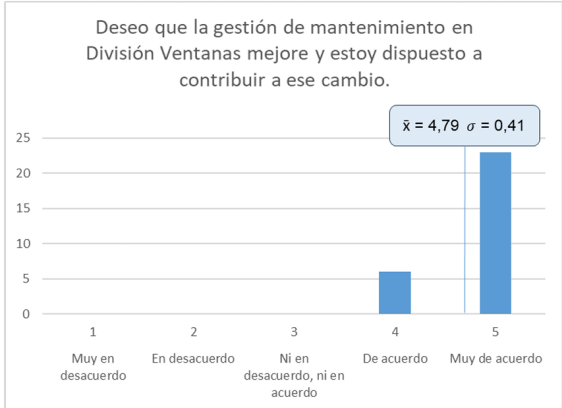
(c) Pregunta 3



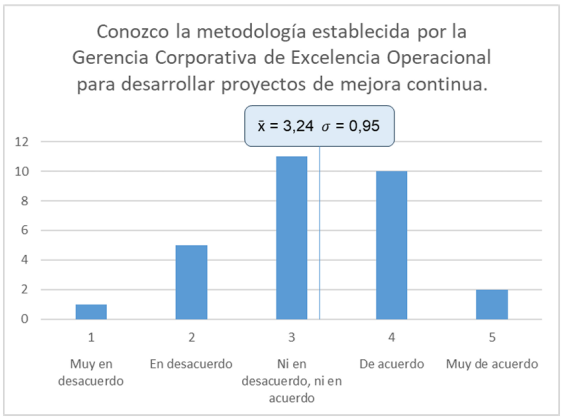
(d) Pregunta 4



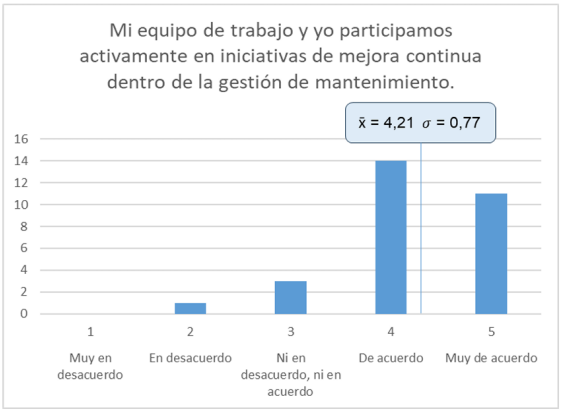
(e) Pregunta 5



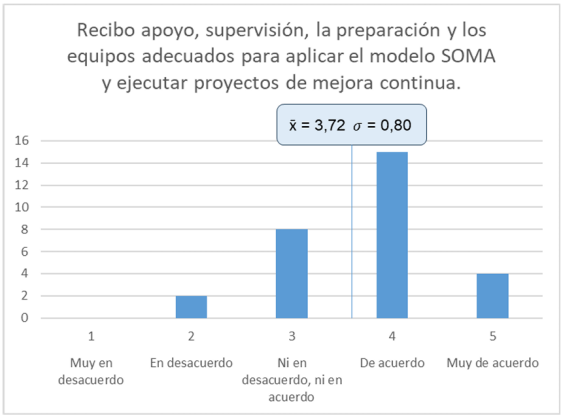
(f) Pregunta 6



(g) Pregunta 7



(h) Pregunta 8



(i) Pregunta 9

Figura 23.9: Respuestas a preguntas de la Sección Cuantitativa
Fuente: Elaboración propia

Notar, que la gran mayoría de preguntas fueron respondidas de forma favorable (considerar que la pregunta cuatro es la única afirmación negativa). Las justificaciones de la Pregunta N°4 se encuentran en los anexos del informe en la Sección A.

23.2.3. Sección Cualitativa

Debido a la extensión de los resultados, estos se encuentran en detalle en los anexos del informe en la Sección B.

24. Interpretación de resultados

El análisis se centrará principalmente desde un enfoque cualitativo de los datos, centrado principalmente en la detección de oportunidades de mejora a partir de lo rescatado en la sección cualitativa de las encuestas y entrevistas, pero se tratará de rescatar información cuantitativa, vinculándola con los datos cualitativos recopilados.

24.1. Participación

El levantamiento de información fue diseñado para abarcar transversalmente a toda el área. No obstante, la participación obtenida resultó inferior a lo esperado, por lo que, una vez finalizado el proceso, se evaluó la representatividad de la muestra para efectos del análisis.

Si bien la baja participación limita la capacidad de extrapolar los resultados a toda la Superintendencia de Mantenimiento, esta situación constituye en sí misma un hallazgo relevante, evidenciando uno de los aspectos más recurrentes identificados en la sección cualitativa: la **actitud y disposición del personal**.

En este contexto, se destaca el valor del levantamiento cualitativo, el cual permitió identificar un conjunto de oportunidades de mejora directamente vinculadas a las percepciones y experiencias de los participantes. A pesar de que la cantidad de respuestas fue menor a la esperada, la información recopilada es consistente y pertinente para un estudio de carácter descriptivo, por lo que se utiliza como base para la definición de Oportunidades de Mejora. Asimismo, se considera válida la justificación cualitativa asociada a la pregunta N°4 (ver Tabla A.1).

Respecto a la sección cuantitativa, los resultados no presentan un nivel de representatividad suficiente para caracterizar a la totalidad del área. No obstante, dado que la participación se concentró principalmente en las áreas de Confiabilidad y Planificación —alcanzando 12 de 14 personas (superior al 85 %)—, los datos se presentarán directamente como fueron obtenidos, sin ajustes. En este sentido, se debe considerar que estos resultados reflejan con mayor precisión la realidad de las áreas de Confiabilidad y Planificación, por lo que su interpretación debe acotarse a dicho contexto.

24.2. Sección Cuantitativa

Se puede hacer las siguientes observaciones a partir de los resultados obtenidos:

1. **La valorización del SOMA es mayor que su nivel de conocimiento y aplicación:** A partir de los datos obtenidos, se evidencia una alta valorización del modelo SOMA en la Superintendencia de Mantenimiento de la División y se reconoce su relevancia para una gestión de mantenimiento efectiva. No obstante, el nivel de conocimiento declarado es inferior a dicha valorización y su aplicación práctica es aún menor. Esto evidencia una brecha entre valorización, conocimiento y aplicación del modelo, donde, pese a su reconocimiento, el grado de comprensión no se encuentra alineado y su uso efectivo resulta más limitado. Este concepto puede representarse de la siguiente manera:

   $$\text{Aplicación del SOMA} < \text{Conocimiento del SOMA} < \text{Valorización del SOMA}$$

2. **Hay un alto nivel de acuerdo en relación con las limitaciones contextuales, en mayor medida que lo esperado:** Cuando se le da la opción al encuestado/entrevistado en la pregunta 4 de la sección cuantitativa de justificar por qué cree que es necesario adaptarse al contexto operacional y no aplicar los estándares del modelo SOMA (ver la Tabla A.1), los conceptos más mencionados son los siguientes:

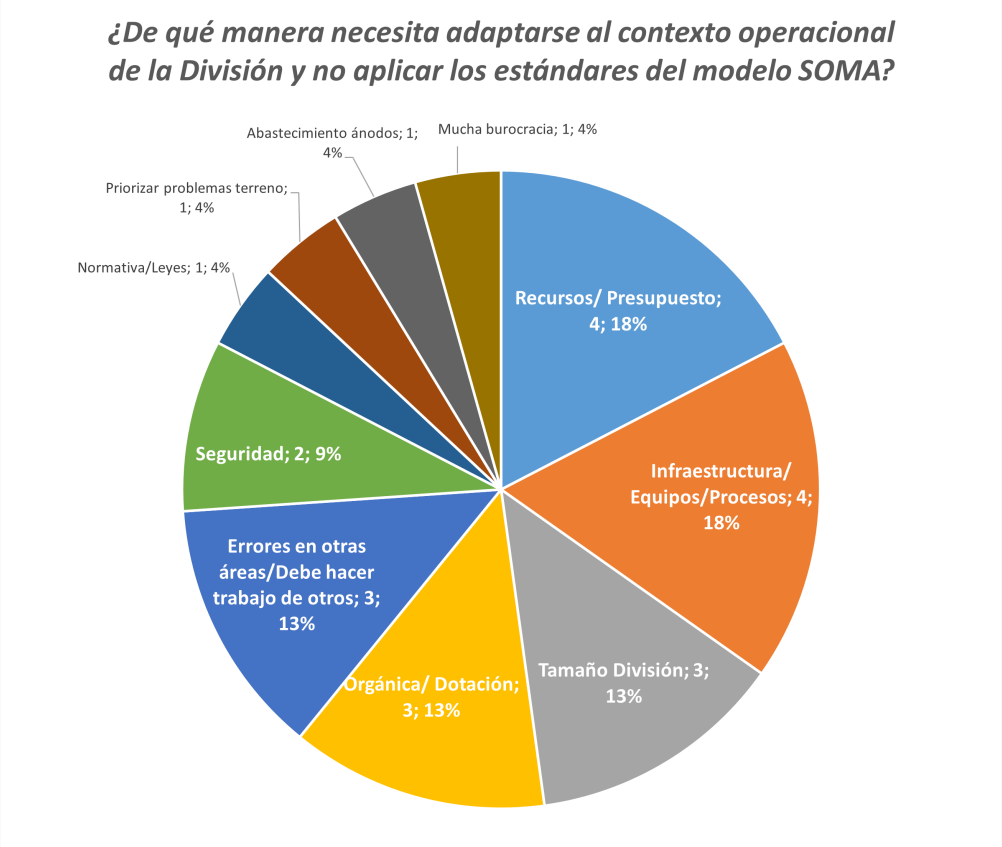


Figura 24.1: Respuesta de Justificación a Pregunta N°4 Sección Cualitativa
Fuente: Elaboración propia

En esta figura se presentan los conceptos más mencionados, junto con su frecuencia de aparición y el porcentaje que representan respecto del total, separados por punto y coma. Si bien todos los puntos de vista son válidos y reflejan problemáticas reales percibidas por las personas involucradas en la gestión de mantenimiento de la División, **existen algunos de estos conceptos que no pueden ser considerados como limitantes para la aplicación del modelo SOMA**. Estos son:

- Recursos/Presupuesto: Los recursos asignados a esta división son limitados en comparación con otras divisiones; sin embargo, esto no debería ser una limitante para la aplicación del modelo SOMA. **Se considera que este modelo debe ser tanto una guía para una adecuada gestión de mantenimiento como una meta en su implementación.**
- Errores en otras áreas: Los errores o problemas, más que un aspecto negativo, constituyen una oportunidad de mejora que no siempre se aborda como tal. Existe un enfoque predominantemente negativo en torno a estos conceptos, especialmente cuando ocurren en otras áreas. Si bien es evidente que existen oportunidades de mejora en todas las áreas de la gestión de mantenimiento, esto no debiese transformarse en una limitante para cumplir de manera efectiva el rol que corresponde a cada uno dentro del modelo. Si cada persona tuviera como objetivo identificar las brechas en su propio trabajo y trabajar sistemática-

mente en su reducción, en lugar de centrarse en señalar las brechas de otras áreas, sería posible reducirlas de manera constante y contribuir a mejorar el desempeño global del trabajo de todos, mediante el desarrollo de una cultura de mejora continua.

3. **Conocimiento Metodología Mejora continua y participación en proyectos de mejora continua bajo:** La afirmación N°7 fue la afirmación positiva con nota más desfavorable, incluso cuando:

   - Algunos participantes demostraron desconocimiento sobre lo que significa un método de mejora continua.
   - Se considera que muchos participantes respondieron según lo que creían que debía responderse. Esto se infiere a partir de la forma en que respondieron durante las entrevistas y de la discrepancia entre sus respuestas y la información disponible en plataformas de EMICOB para ellos en función de su tipo de cargo.

   Además, se reporta un nivel de conocimiento de la metodología de mejora continua inferior al nivel de participación en iniciativas de mejora continua, lo que evidencia que **el personal indica participar en iniciativas de mejora continua, pero sin conocimiento de la metodología indicada para realizarlas.**

4. **La percepción de apoyo se relaciona con la participación en iniciativas de mejora:** La percepción de apoyo institucional fue la segunda afirmación con el resultado más desfavorable. A partir de la base de datos, se puede determinar que de todas las personas entrevistadas/encuestadas que respondieron la sección cuantitativa, 19 personas están de acuerdo con que reciben apoyo (de acuerdo y muy de acuerdo), de estas, todas declaran participar en iniciativas de mejora continua menos una. Además, todos los que indican no participar en iniciativas de mejora continua declaran no recibir apoyo institucional. Se puede evidenciar con estos datos que existe una relación entre la percepción de apoyo de las jefaturas con la participación en iniciativas de mejora.

5. **Mayor variedad de respuestas en cuanto a conocimiento de metodología de mejora continua, colaboración del equipo de trabajo y apoyo institucional:** Las últimas tres afirmaciones de la sección cuantitativa son las que presentan mayor dispersión en sus respuestas, destacando principalmente el conocimiento de la metodología institucional de mejora continua. Esto indica que el personal no se encuentran alineado en materia de mejora continua, evidenciándose la ausencia de una cultura consolidada y de un nivel de conocimiento favorable respecto la metodología de mejora continua. Lo mismo se observa en la colaboración entre equipos de trabajo en proyectos de mejora continua, donde algunos equipos declaran colaborar activamente y otros no, así como en el apoyo institucional, ya que algunas personas se sienten fuertemente respaldadas en su trabajo, mientras que otras se perciben relegadas.

24.3. Sección Cualitativa

En base a los resultados detallados en la Sección B, se pueden hacer las siguientes observaciones a las preguntas abiertas de la Sección Cualitativa:

1. **Conceptos más mencionados:** Como se mencionó anteriormente, la Sección Cualitativa busca recopilar oportunidades de mejora en la gestión de mantenimiento. Para ello, en el siguiente gráfico se indican los conceptos más mencionados en esta sección:

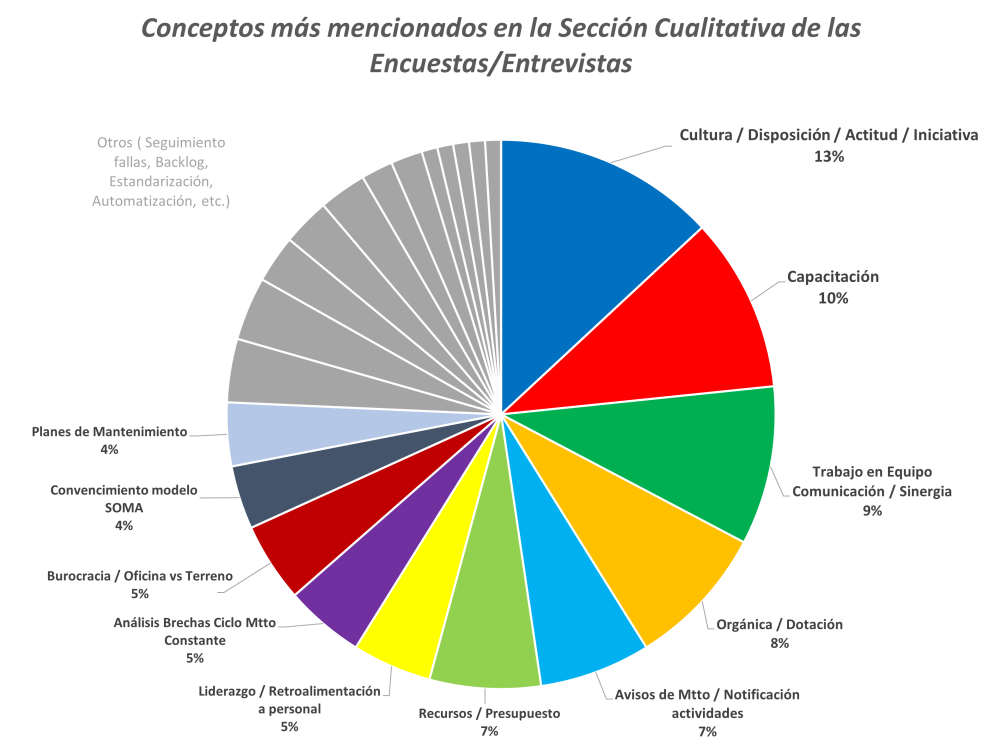


Figura 24.2: Conceptos más mencionados en Sección Cualitativa
Fuente: Elaboración propia

Estos conceptos reflejan lo que el personal más le acompleja, con el concepto más mencionado es respecto a la cultura o actitud del personal, y con la capacitación y el trabajo en equipo en segundo y tercer lugar respectivamente. Dentro de estas, la capacitación refleja una iniciativa clara que podría implementarse, sin embargo, esto refleja una inversión de capital que en algunos casos no puede estar disponible.

2. **Lo más mencionado es cultura, orgánica, trabajo en equipo, capacitación:** Con la información dada en la sección cualitativa y la justificación de la pregunta 4 de la sección cuantitativa, se analizan los conceptos más mencionados en la completitud de la investigación:

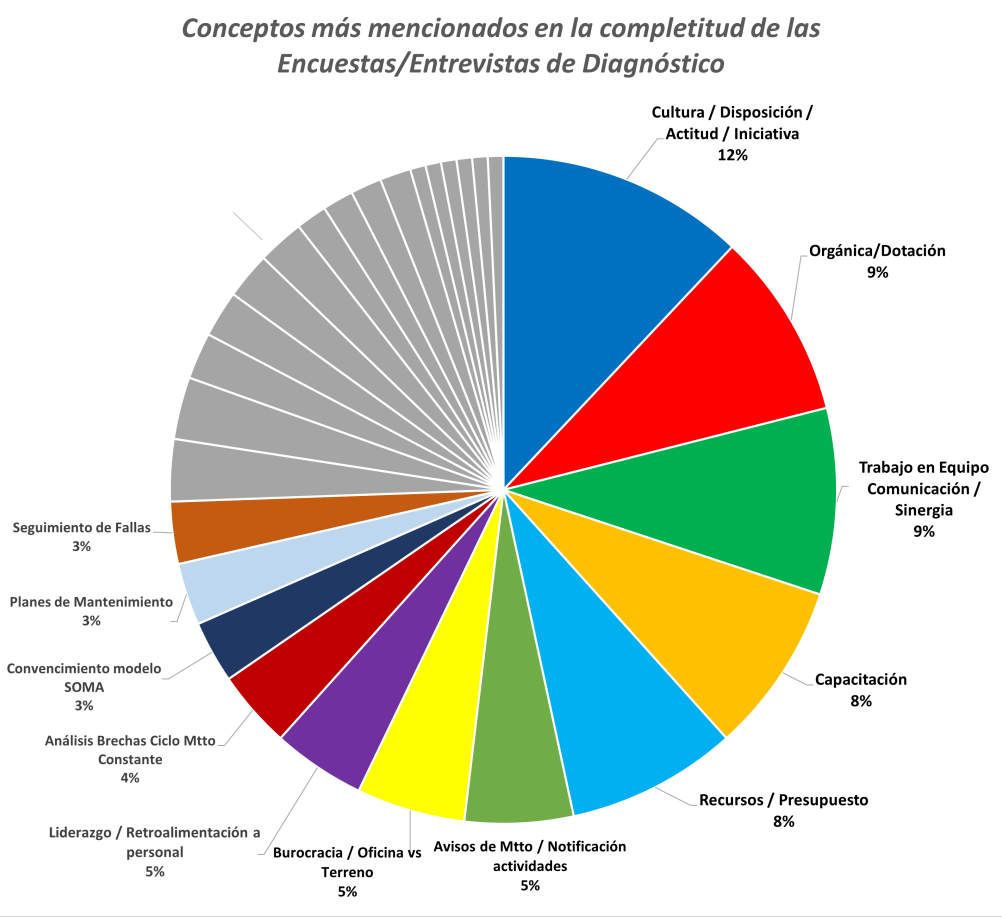


Figura 24.3: Conceptos más mencionados en la Encuesta/Entrevista
Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo resultados similares a la sección cualitativa, ya que fue la instancia en la que más se recopilo información de lo que es realmente importante para el personal. El concepto que más se repite va relacionado con la cultura y la actitud de los trabajadores, mencionado 16 veces, que representa más de la mitad del personal que participó en estas instancias, junto con la orgánica de la superintendencia y la capacidad de trabajo en equipo.

3. **Listado de Oportunidades de Mejora:** Adicionalmente, para este análisis y con el fin de dar continuidad al proyecto de investigación, se identificaron diversas oportunidades de mejora en la gestión de mantenimiento de la división. Estas se levantaron principalmente a partir de lo manifestado en la Sección Cualitativa, pero también se consideró lo comentado por distintas personas en diversas instancias, tales como conversaciones informales, temas abordados en reuniones y, de forma complementaria, observaciones personales realizadas durante el desarrollo del estudio. Con esta información se elaboró un listado preliminar de más de 100 oportunidades de mejora, las cuales no necesariamente son aplicables de forma directa, por lo que **se utilizan como guía para la investigación**, reflejando las principales preocupaciones detectadas. Posteriormente, mediante el criterio del rol investigador, se realizó el análisis, redacción, filtrado y consolidación de un listado final compuesto por 56 oportunidades de mejora en la gestión de mantenimiento de la división. El criterio de las jefaturas se aplicará posteriormente para la

selección de las oportunidades de mejora que serán propuestas al cierre de la investigación. A continuación, se presenta el listado resumido de oportunidades de mejora:

Tabla 24.1: Listado de Oportunidades de Mejora

N°	Aplica en	Oportunidad de Mejora	Descripción Resumida
1	Jefaturas SIM; General SIM	Plan de Capacitación/ Transmisión de Conocimiento	Plan de capacitación y entrenamiento estructurado, con etapas, retroalimentación continua y mapeo de capacidades del personal. Definir requisitos por cargo y mecanismos formales de transmisión de conocimiento.
2	Jefaturas SIM	Capacitación SAP PM	Capacitación en SAP PM según nivel y rol, explicando cambios por reestructuración y preparando a operaciones para la gestión de avisos, considerando migración a versión web.
3	Jefaturas SIM; General SIM; Otras Áreas	Calidad de Avisos SAP PM	Mejorar la calidad de avisos en SAP PM mediante capacitación práctica, uso de tablets en terreno y herramientas guiadas para asegurar información completa y útil para planificación y ejecución.
4	General SIM	Comunicación/Difusión OM	Presentar periódicamente oportunidades de mejora, brechas y fortalezas, incluyendo mejoras realizadas en terreno, como parte de instancias formales de gestión.
5	General SIM	Difusión Información Útil	Difundir transversalmente la información del SOMA y la importancia de hacer bien el trabajo, facilitando el acceso a métodos de excelencia operacional y mejora continua.
6	Jefaturas SIM	Liderazgo	Fortalecer el liderazgo y la motivación, fomentando la participación activa de personal con experiencia en la búsqueda conjunta de mejores formas de trabajo.
7	Jefaturas SIM; Ejecución; Suministros	Actitud/Cultura/Motivación Ejecutores	Impulsar una cultura orientada a la mejora continua, responsabilidad compartida, trabajo en equipo y apertura al cambio, reforzada con capacitación y mejor comunicación entre áreas.
8	General SIM; Confiabilidad; Planificación	Estandarización	Estandarizar procesos repetitivos para apoyar la toma de decisiones y definir cursos de acción claros en la gestión de mantenimiento.
9	General SIM; Confiabilidad; Planificación	Automatización	Automatizar tareas de gestión repetitivas para liberar horas hombre y destinarlas a actividades de mejora continua. Reportes de confiabilidad y fuentes de información, unificando datos.
10	General SIM	Gestión documental	Unificar códigos de repuestos, documentación técnica, planos e historial de fallas en una base de datos transversal y accesible.
11	General SIM; Otras Áreas	Comunicación entre áreas	Mejorar la comunicación y coordinación entre Operaciones y Mantenimiento. Asegurar el compromiso y participación activa de Seguridad, Operaciones y Abastecimiento en reuniones.
12	General SIM; Otras Áreas	Trazabilidad Equipos	Implementar códigos únicos de equipos con trazabilidad, historial de fallas y acceso a información técnica en terreno, por ejemplo mediante códigos QR.
13	General SIM; Otras Áreas	Burocracia/Priorización actividades	Reducir burocracia, priorizando coordinación directa, menos reuniones y mayor presencia en terreno para soluciones más efectivas. Mejorar priorización de actividades.
14	General SIM	Recursos	Asignar más recursos para apoyo administrativo e inversión en mejoras y tecnología, evitando que buenas ideas se frenen solo por presupuesto.

Continúa en la página siguiente

N°	Aplica en	Oportunidad de Mejora	Descripción Resumida
15	Confiabilidad	Seguimiento/Acciones Correctivas	Asociar cada hallazgo y análisis de falla a acciones correctivas, propuestas de mejora y retroalimentación, fortaleciendo el análisis, aprendizaje organizacional y feedback entre terreno y confiabilidad.
16	Planificación	Backlog	Ordenar y priorizar el backlog de actividades según impacto operacional, automatizando su generación y separando oportunidades de mejora de la planificación regular.
17	General SIM	Frecuencia de Ciclo Mto	Ajustar la planificación N+2 y N+1, notificando anticipadamente a operaciones la disponibilidad de calendario para mejorar la programación.
18	General SIM; Otras Áreas	Generación Temprana Avisos SAP PM	Fomentar la generación temprana de avisos, con mecanismos simples que faciliten su creación y consideren reprogramaciones.
19	Planificación	Automatización Planificación	Agilizar el cierre de OTs mediante automatización o sistemas de apoyo para generar y enviar informes de cierre.
20	Planificación	Dotación/Orgánica Planificación	Aumentar la dotación de planificadores y programadores en distintos horizontes de tiempo e incorporar el cargo de Analista de Materiales.
21	Jefaturas SIM; General SIM	Mejora SAP PM	Mejorar SAP PM a nivel corporativo con apoyo externo para facilitar la operación y calidad de la información.
22	Planificación	Planilla de Seguimiento	Definir un estándar único para planillas de seguimiento, evitando variaciones por cambio de jefatura.
23	Planificación	Falta Terreno Planificación	Aumentar las salidas a terreno de planificadores para comprender mejor las actividades que planifican.
24	Planificación	Divulgación Análisis Costos	Mejorar el análisis y la divulgación de costos y presupuesto del SOMA mediante reuniones periódicas con las jefaturas.
25	Planificación	Moncon en Reuniones	Involucrar a Moncon en instancias de priorización.
26	Ejecución	Revisión Avisos Planificados	Separar claramente la revisión de avisos en ejecución de las actividades de planificación y generación de órdenes.
27	Ejecución; Suministros	Cultura Avisos SAP PM	Facilitar la notificación y creación de órdenes en SAP PM por parte del área ejecutora, apoyando el cambio cultural y el uso de dispositivos móviles en terreno.
28	Ejecución; Suministros	Capacidad Notificar con Documento	Aumentar la capacidad de notificar sin documentación extensa, simplificando los procesos.
29	Ejecución	Visibilizar Mejoras Terreno	Dar mayor visibilidad a las mejoras realizadas en terreno mediante cuadros informativos y apoyo del área de comunicaciones.
30	Ejecución; Suministros	Herramientas Adecuadas	Usar herramientas adecuadas al trabajo requerido, priorizando funcionalidad sobre precisión innecesaria.
31	Ejecución; Suministros	Disposición SOMA	Cambiar la percepción del SOMA, posicionándolo como una herramienta que facilita el trabajo y no solo como una obligación.
32	Ejecución; Suministros	Capacitación Ejecutores	Asegurar la participación del personal de turno en cursos críticos, incluso ajustando condiciones para facilitar su asistencia.
33	Ejecución	Permanencia de Mejoras	Estandarizar trabajos de ejecución para asegurar que las mejoras se mantengan en el tiempo.
34	Suministros	Dotación/Orgánica Suministros	Reestructurar la dotación de turnos, fortalecer suministros, crear roles específicos y ajustar la organización a las necesidades actuales.

Continúa en la página siguiente

N°	Aplica en	Oportunidad de Mejora	Descripción Resumida
35	Suministros	Capacitación Suministros	Capacitar a instrumentistas en equipos y tecnologías específicas usadas en terreno, según fabricante.
36	Suministros; Otras Áreas	Falta Instrumentación	Incorporar instrumentación y sensores para medir desempeño real de equipos, apoyar análisis de datos y mejorar decisiones de mantenimiento.
37	Suministros	Falta Materiales y Repuestos	Asegurar disponibilidad de materiales y repuestos suficientes.
38	Suministros	SOMA vs ISO	Alinear el SOMA con normativas ISO, asegurando claridad y cumplimiento de ambos marcos.
39	Suministros; Ejecución	Retroalimentación Ejecución	Validar la correcta ejecución de trabajos mediante inspecciones, observaciones y retroalimentación a los planes de mantenimiento.
40	Confiabilidad	Planes/Pautas de Mantenimiento	Estandarizar la creación, seguimiento y mejora de planes de mantenimiento, basados en recomendaciones de fabricantes, criticidad y fallas históricas. Modificar los actuales para adaptarse a la necesidad real.
41	Confiabilidad	Informes de Falla y Malos Actores	Estandarizar informes de falla para facilitar análisis de causas y acciones correctivas.
42	Planificación	Avisos Planificados	Revisar periódicamente los avisos planificados para mantener su vigencia y pertinencia.
43	Confiabilidad	Adherencia Programa vs Tiempo	Incluir indicadores de adherencia al programa versus tiempo en reuniones post mantenimiento.
44	Confiabilidad	Respaldo Documental	Fomentar el uso de documentación técnica en las notificaciones de actividades.
45	Confiabilidad	Divulgación	Asegurar que la información de fallas llegue a quienes corresponde y sea difundida adecuadamente.
46	Confiabilidad	Capacitación Confiabilidad	Capacitar en Excelencia Operacional y metodologías de análisis a analistas de confiabilidad.
47	Confiabilidad	Ubicaciones Técnicas	Mejorar la definición de ubicaciones técnicas y recuperar historial de fallas detallado en SAP PM.
48	Confiabilidad	Dotación/Orgánica Confiabilidad	Revisar la estructura de Confiabilidad, definir funciones claras y reforzar capacidades faltantes.
49	Confiabilidad	Unidad Confiabilidad	Fomentar el trabajo conjunto entre especialidades para soluciones integrales.
50	Confiabilidad	Reuniones Post Mtto	Fortalecer reuniones post mantenimiento para estandarizar mejores prácticas.
51	Planificación	Avisos Prioridad 1	Garantizar atención inmediata a avisos de prioridad 1 para proteger la continuidad operacional.
52	Jefaturas SIM	Sistema KAIZEN	Implementar un sistema formal para gestionar ideas de mejora, con seguimiento, responsables y visualización del avance.
53	Jefaturas SIM	Mapeo Fin VU	Mapear el fin de vida útil de los activos y vincularlo a la cartera de proyectos e inversiones.
54	Otras Áreas; Confiabilidad	IA para Predictivo	Abrir software SKF y desarrollar bases de datos para mantenimiento predictivo, monitoreando más variables.
55	Otras Áreas	SSO más Interactivo	Hacer más interactivas y visibles las campañas de seguridad, incentivando la participación en terreno.
56	General SIM	Agilidad Compras, Permisos	Mejorar la agilidad en procesos de compras, permisos y gestiones administrativas.

24.4. Análisis final de Encuesta/Entrevistas

La principal observación, es que **la facilidad para realizar esta parte de la investigación en particular se vio limitada por la voluntad y la participación de las personas de la Su-**

perintendencia. Hubo una baja participación, por lo que se dificulta utilizar los datos cuantitativos para representar a la superintendencia completa, y es probable que se pudiesen haber identificado aún más oportunidades de mejora. Esto refleja y evidencia uno de los conceptos más mencionados en la sección cualitativa, relacionado con la actitud y la disposición de las personas. Además, se considera que algunos participantes no respondieron de manera completamente honesta, ya que ciertas respuestas de la sección cuantitativa no se corresponden con los comentarios realizados por los mismos entrevistados en la sección cualitativa. Asimismo, se identifican respuestas que parecen haber sido contestadas según lo que se creía que debía responderse, o bien respuestas de ciertos cargos que no coinciden con el nivel de conocimiento esperado (por ejemplo, conocimiento del subsistema ciclo de mejora). Pese a la limitación que todo esto implica, se puede evidenciar que:

- **Percepción del SOMA deficiente:** Se evidencia a nivel general que la percepción del SOMA es deficiente, especialmente desde el área ejecutora. Este se considera como una insistencia de las jefaturas y no como un sistema de gestión que apoya, facilita y hace mejora continua en el mantenimiento, guiando hacia un mantenimiento más fácil, eficiente y seguro. Sin embargo, esto se explica en parte porque el personal destaca que los indicadores de mantenimiento estandarizados por el SOMA no siempre reflejan los problemas más relevantes del mantenimiento. A pesar de que los planes de mantenimiento se cumplan y que, en el papel, se evidencie una buena disponibilidad y cumplimiento del programa semanal, siguen existiendo casos en que los hallazgos en terreno presentan una magnitud significativa, y no se ve reflejado en indicadores. Esto puede atribuirse a que **muchos de los planes de mantenimiento no reflejan la necesidad real de los equipos en su completitud, y no se hace mejora continua de ellos**.

- **Los recursos no pueden ser una limitante para aplicar el modelo SOMA:** Se destaca nuevamente que los recursos asignados a esta división son limitados en comparación con otras divisiones; sin embargo, esto no puede constituir una limitante para la aplicación del modelo SOMA. Se considera que este modelo debe ser tanto una guía para una buena gestión de mantenimiento, como una meta en su aplicación efectiva. El enfoque no debe centrarse en la falta de recursos, sino en el aprovechamiento de oportunidades de mejora para hacer la gestión más eficiente y, de esta manera, liberar tiempo y recursos para implementar mejoras cada vez de mayor impacto.

- **Se destacan las oportunidades de mejora relacionadas a los planes de mantenimiento, la gestión de información en SAP PM y el sistema KAIZEN:** Se identifican brechas relevantes en estos tres ámbitos. Los planes de mantenimiento constituyen la base de la planificación y ejecución, por lo que su actualización sistemática resulta crítica para asegurar su alineación con el negocio y con los requerimientos de los equipos.

  En paralelo, se requiere fortalecer el uso de SAP como herramienta central de gestión, mejorando la calidad de los avisos y de la información registrada, de manera de sustentar adecuadamente el análisis y la toma de decisiones.

  Finalmente, se evidencia la necesidad de reforzar la implementación de la mejora continua mediante la incorporación de lineamientos claros que permitan alinear capacidades y conocimientos en torno a la metodología KAIZEN. Esto debe complementarse con el desarrollo de un recurso o programa de apoyo que permita enseñar, orientar, motivar e incentivar la ejecución de este tipo de iniciativas, junto con el fortalecimiento del rol del área de Confiabilidad, especialmente en la etapa de post-mantenimiento, como agente articulador e impulsor de la mejora continua.

24.5. Análisis de Oportunidades de Mejora

Finalmente, para utilizar la información obtenida en esta etapa y dar continuidad a la siguiente fase de la investigación, se requiere **definir un criterio que permita priorizar las oportunidades de mejora identificadas**. Este criterio debe ser cuantificable y aplicable a cada iniciativa, de modo que permita compararlas y jerarquizarlas en función de su impacto.

Este enfoque responde directamente a la primera pregunta de investigación: **¿Cuál es la oportunidad de mejora en la Gestión de Mantenimiento de la División que, de ser aprovechada, generaría el mayor impacto positivo?** (ver Sección 3).

Para abordar esta interrogante, se descompone en tres preguntas específicas. En primer lugar, **¿Cuáles son las principales oportunidades de mejora en la gestión de mantenimiento de la División?**, lo cual ya fue resuelto mediante el Sección Cualitativa. En segundo lugar, y más importante, se debe determinar **¿Cómo medir el nivel de impacto positivo a la gestión de mantenimiento de una iniciativa de mejora?**. Finalmente, en base a dicha medición, se busca determinar **¿Cuál oportunidad de mejora presenta el mayor impacto positivo?**.

En este contexto, por lo tanto, el desafío central radica en definir una métrica que represente adecuadamente el impacto en la gestión de mantenimiento. Dado que el objetivo del presente trabajo es generar una propuesta que contribuya de manera significativa al **aumento del nivel de madurez de la gestión de mantenimiento**, resulta coherente utilizar como referencia el mismo instrumento mediante el cual dicha madurez es evaluada.

En este sentido, la ***Auditoría de Evaluación de Madurez SOMA 2025*** se establece como un marco adecuado para la construcción de este criterio. Tal como se indica en la política de mantenimiento (ver Figura 9.1), el grado de madurez del mantenimiento es continuamente medido y gestionado con esta auditoría con el propósito de asegurar la evolución hacia un mantenimiento proactivo. Asimismo, en la jornada de cierre de la Pauta SOMA 2025 se enfatizó la necesidad de identificar brechas y generar planes de acción que permitan mejorar el desempeño de las funciones de confiabilidad, planificación y ejecución.

En consecuencia, y dado que esta investigación persigue precisamente la identificación de brechas y la definición de acciones de mejora, se establece que la **base para determinar la oportunidad de mejora con mayor impacto positivo corresponde a la propia Auditoría de Evaluación de Madurez SOMA 2025**, utilizándola como referencia para cuantificar y priorizar las iniciativas identificadas.

Bajo este enfoque, la selección de la oportunidad de mejora a desarrollar se realizará mediante la siguiente metodología:

1. Vincular cada oportunidad de mejora identificada con los aspectos evaluados en la Auditoría de Madurez SOMA.

2. Definir un criterio que permita priorizar dichos aspectos evaluados en la auditoría de madurez SOMA.

3. Seleccionar la oportunidad de mejora asociada a los aspectos con mayor priorización, considerando además los criterios de *Viabilidad de la investigación*.

24.5.1. Relación entre Oportunidades de Mejora y Evaluación de Madurez SOMA

Para cada una de las oportunidades de mejora identificadas, se estableció su relación con los aspectos evaluados en la Auditoría de Madurez SOMA, determinando en qué dimensiones de esta se vería reflejado su impacto en caso de ser implementadas.

Para el caso de la Pauta SOMA, este análisis se realizó a nivel de las preguntas que la componen, revisando sistemáticamente cada una de ellas en conjunto con cada oportunidad de mejora. A partir de esta revisión, se asignó una relación entre la iniciativa y las distintas fases consideradas en la pauta, en función de la contribución esperada a su mejora.

En el caso de las dimensiones asociadas a los indicadores de resultado y proceso, así como los de uso de SAP PM, el análisis se complementó evaluando el impacto potencial de cada iniciativa sobre los indicadores específicos considerados en estas categorías.

No se incorporó el indicador PIT SOMA en este análisis, salvo en aquellos casos donde la naturaleza de la iniciativa implicaba un impacto transversal sobre la gestión de mantenimiento, estimándose que sus efectos se reflejarían de manera generalizada en todos los aspectos evaluados.

De esta manera, se obtuvo las siguientes relaciones:

N°	Oportunidad de Mejora	Impacta positivamente en
1	Plan de Capacitación/Transmisión de Cono	Fase G Fase B Fase C Fase D: Fase D: Fase D: Fase D: Fase D: Fase E Fase H
2	Capacitación SAP	%Traba Fase B Fase C Fase D: Fase D: Fase D: Fase D: Fase F Fase G %Eqp. C %Eqp. C %Eqp. E %Eqp. E %Aviso: %Aviso: Comple %Capac %Puest %OT Ce %OT Ce %OT C/ %Gast
3	Calidad de Avisos SAP	Fase D: %Aviso: %Aviso: Comple Fase D: Fase D: Fase D: Prog
4	Comunicación/Difusión OM	Fase D: Fase G
5	Difusión Información Útil	Fase G Fase D: Eje
6	Liderazgo	Fase G
7	Actitud/Cultura/Motivación	Todos los aspectos evaluados
8	Estandarización	%Eqp. C %Eqp. C %Eqp. E %Eqp. E %Aviso: %Aviso: Comple %Capac %Puest %OT Ce %OT Ce %OT C/ %Gasto Disponi Costo d %Cump %Traba TMEF %Cump %OT Pendiente
9	Automatización	%Eqp. C %Eqp. C %Eqp. E %Eqp. E %Aviso: %Aviso: Comple %Capac %Puest %OT Ce %OT Ce %OT C/ %Gasto Disponi Costo d %Cump %Traba TMEF %Cump %OT Pendiente
10	Gestión documental	Fase B Fase C Fase D: Fase D: Fase D: Fase D: Fase D: Fase E Fase H
11	Comunicación entre áreas	Fase F Fase B Fase D Fase H
12	Trazabilidad Equipos	Fase G
13	Burocracia/Priorización actividades	Todos los aspectos evaluados
14	Recursos	Costo de Mantenimiento
15	Seguimiento/Acciones Correctivas	Fase D: Post Mto
16	Backlog	Fase D: Ident y Prio
17	Frecuencia de Ciclo Mto	%Traba %OT Pendiente
18	Generación Temprana Avisos SAP	%Aviso: %Trabajo Planificado
19	Automatización Planificación	%OT C/Infor. De Cierre
20	Dotación/Orgánica Planificación	%Capac %Puest Disponi Costo d %Cump %Traba TMEF %Cump %OT Pendiente
21	Mejora SAP	%Eqp. C %Eqp. C %Eqp. E %Eqp. E %Aviso: %Aviso: Comple %Capac %Puest %OT Ce %OT Ce %OT C/ %Gastos Materiales con OT
22	Planilla de Seguimiento	%Cump %Cump. Plan Matriz
23	Falta Terreno	Disponi Costo d %Cump %Traba TMEF %Cump %OT Pendiente
24	Divulgación Análisis Costos	%Gasto Costo de Mantenimiento
25	Moncon en Reuniones	Fase C
26	Revisión Avisos Planificados	Fase D: %Aviso: %Aviso: Comple %Capac %Puestos Trabajo Actualizado
27	Cultura Avisos SAP	Fase D: %Aviso: %Aviso: Comple %OT Ce %OT Ce %OT C/ %Gastos Materiales con OT
28	Capacidad Notificar con Documento	%OT C/Infor. De Cierre
29	Visibilizar Mejoras Terreno	Fase D: Post Mto
30	Herramientas Adecuadas	%Cump %Cump. Programa Semanal
31	Disposición SOMA	Fase D: Eje
32	Capacitación Ejecutores	%Cump %Cump. Programa Semanal
33	Permanencia de Mejoras	Fase D: TMEF
34	Dotación/Orgánica Suministros	Fase G
35	Capacitación Suministros	Disponi Costo d %Cump %Traba TMEF %Cump %OT Pendiente
36	Falta Instrumentación	Disponi Costo d %Cump %Traba TMEF %Cump %OT Pendiente
37	Falta Materiales y Repuestos	Disponi Costo d %Cump %Traba TMEF %Cump %OT Pendiente
38	SOMA vs ISO	Todos los aspectos evaluados
39	Retroalimentación Ejecución	Fase D: Post Mto
40	Planes/Pautas de Mantenimiento	Fase C %Eqp. C %Eqp. C %Eqp. E %Eqp. EsencialesPlan Autom
41	Informes de Falla y Malos Actores	Fase H
42	Avisos Planificados	%Aviso: %Avisos Prior. 1 S/OT
43	Adherencia Programa vs Tiempo	%Cump %Cump. Plan Matriz
44	Respaldo Documental	Fase D: %OT Ce %OT Ce %OT C/ %Gastos Materiales con OT
45	Divulgación	Fase H
46	Capacitación Confiabilidad	Fase G Disponi Costo d %Cump %Traba TMEF %Cump %OT Pendiente
47	Ubicaciones Técnicas	%Eqp. C %Eqp. C %Eqp. E %Eqp. E %Aviso: %Aviso: Comple %Capac %Puest %OT Ce %OT Ce %OT C/ %Gastos Materiales con OT
48	Dotación/Orgánica Confiabilidad	Fase G
49	Unidad Confiabilidad	%Eqp. C %Eqp. C %Eqp. E %Eqp. EsencialesPlan Autom
50	Reuniones Post Mtto	Fase D: Post Mto
51	Avisos Prioridad 1	Disponi TMEF
52	Sistema KAIZEN	Todos los aspectos evaluados
53	Mapeo Fin VU	Fase A
54	IA para Predictivo	Disponi TMEF
55	SSO más Interactivo	Todos los aspectos evaluados
56	Agilidad Compras, Permisos	Disponi Costo d %Cump %Traba TMEF %Cump %OT Pendiente

Figura 24.4: Relación de Listado de Oportunidades de mejora con aspectos evaluados en Auditoría
Fuente: Elaboración propia

Notar que, en la primera columna se encuentran todas las iniciativas de mejora identificadas, y a la derecha de cada una de ellas se indica los aspectos evaluados que se relacionan con esta.

Finalmente, las relaciones establecidas entre oportunidades de mejora y aspectos de la evaluación fueron validadas con los jefes de las áreas correspondientes, con el fin de asegurar que el impacto

proyectado fuese consistente con la realidad operacional y efectivamente se tradujera en mejoras en los criterios evaluados por la Auditoría SOMA.

24.5.2. Criterio de Priorización

Con el objetivo de priorizar los aspectos evaluados en la *Auditoría de Evaluación de Madurez SOMA 2025*, se define un criterio que permita estimar el impacto potencial de intervenir cada uno de ellos en el nivel de madurez de la gestión de mantenimiento.

Para la construcción de este criterio, se consideran dos variables principales:

- **Ponderación del aspecto (*Pond*):** Representa la relevancia relativa de cada aspecto dentro de la auditoría, es decir, su contribución al desarrollo hacia un mantenimiento proactivo.
- **Brecha (*Brecha*):** Corresponde a la diferencia porcentual entre el puntaje máximo posible y el puntaje obtenido, reflejando el potencial de mejora existente en dicho aspecto.

De esta forma, el criterio busca priorizar aquellos aspectos que sean simultáneamente relevantes (alta ponderación) y presenten oportunidades de mejora (alta brecha).

No obstante, ambas variables presentan diferencias significativas de escala. Tal como se detalla en la Sección 10, los valores de ponderación alcanzan un máximo de $0,075$, mientras que las brechas llegaron hasta un valor de hasta $0,67$. Para evitar sesgos en el cálculo, ambas variables son normalizadas respecto a sus valores máximos, definidos como *MAX(Pond)* y *MAX(Brecha)*, respectivamente.

Adicionalmente, se establece que la ponderación debe tener mayor influencia en el criterio que la brecha, dado que resulta más relevante intervenir aspectos de alto impacto en la evaluación global, aun cuando presenten brechas moderadas, que abordar aspectos con alta brecha pero baja incidencia en el resultado total. Para reflejar esta prioridad, la ponderación es elevada al cuadrado dentro de la formulación.

Bajo estas consideraciones, el criterio de priorización se define como:

$$\%Prior = \left(\frac{Pond}{MAX(Pond)}\right)^2 \cdot \frac{Brecha}{MAX(Brecha)}$$

Este valor se calcula para cada uno de los aspectos evaluados. A modo de ejemplo, para la Fase H de la pauta SOMA, que presenta una ponderación de $5\,\%$ respecto la evaluación general, y se obtuvo un puntaje de $4,33$, se obtiene una brecha de $\frac{5-4,33}{5} = 13,4\,\%$. Aplicando el criterio definido, se obtiene:

$$\%Prior\ (Fase\ H) = \left(\frac{0,05}{0,075}\right)^2 \cdot \frac{0,134}{0,67} = 0,0889 = 8,89\,\%$$

24.5.3. Priorización de las Oportunidades de Mejora

Utilizando este criterio, se determinaron los valores para todos los aspectos evaluados, y se priorizaron, obteniendo así el siguiente gráfico de pareto:

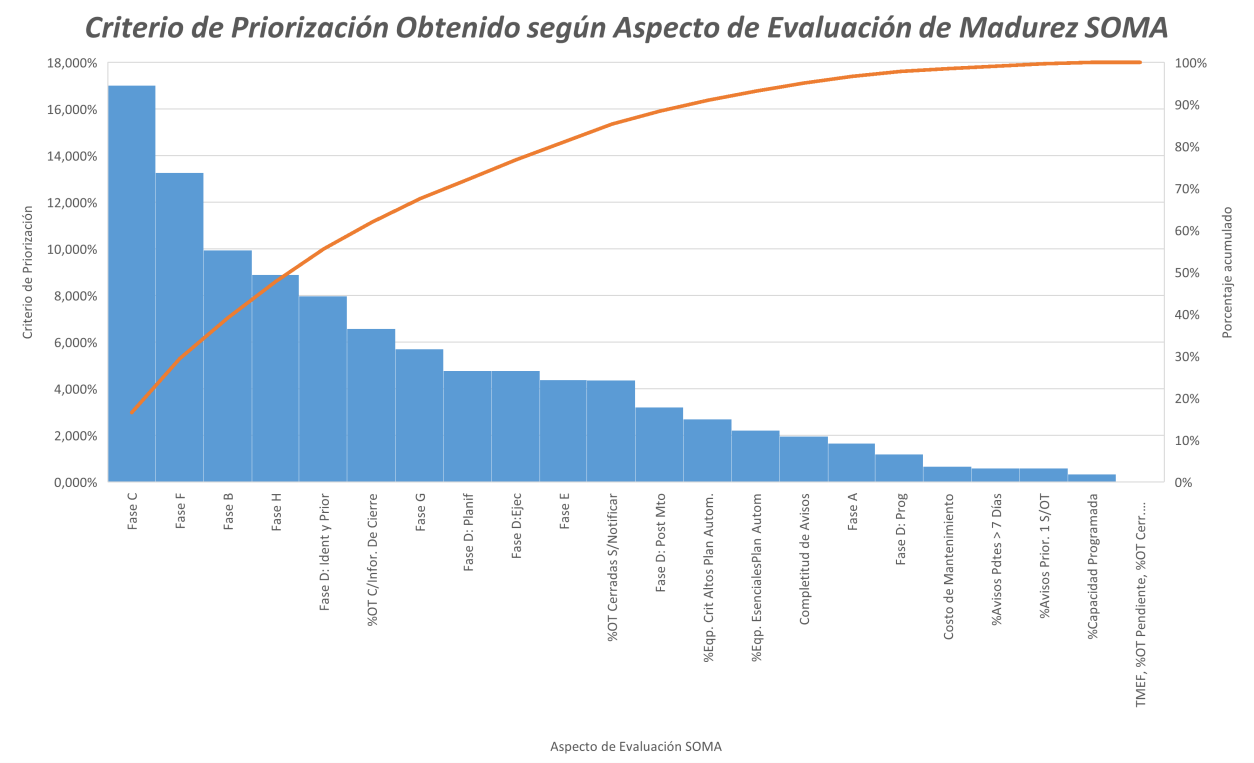


Figura 24.5: Gráfico de Pareto para Criterio Priorización

Notar que, el aspecto evaluado con un mayor valor de este criterio es la Fase C de la Pauta SOMA, relacionada con los **planes de mantenimiento**, seguido de la Fase F, B y Fase H de la Pauta SOMA.

24.5.4. Selección de la Oportunidades de Mejora por trabajar

Para seleccionar la oportunidad de mejora se consideró tanto el criterio mencionado anteriormente, como la Viabilidad de la investigación.

Se eligió por lo tanto, las oportunidades de mejora relacionadas con los planes de mantenimiento, dando respuesta de esta manera a la primera pregunta de investigación: **la oportunidad de mejora en la gestión de mantenimiento de la división que, generaría el mayor impacto positivo de ser aprovechada, se relaciona con los planes de mantenimiento**.

25. Reporte de los resultados

Se compartieron los resultados de la investigación a las jefaturas de la Superintendencia de Mantenimiento en un informe ejecutivo, que consideró desde el diseño de la investigación, la interpretación de los resultados, y finalmente la selección de la oportunidad de mejora a trabajar para el resto del proyecto.

Capítulo V

Segunda Parte: Desarrollo de la Solución

Un Plan de Mantenimiento es un objeto técnico que contiene toda la información necesaria para programar y ejecutar las actividades de mantenimiento requeridas para mantener un equipo en condiciones operativas óptimas, de acuerdo con los resultados esperados del proceso, la optimización de los costos de mantenimiento y el cumplimiento de estándares de seguridad y protección ambiental.

Existen distintos tipos de planes de mantenimiento:

- **Mantenimiento General Anual (MGA):** El principal objetivo de una detención de planta, es asegurar los resultados del negocio, realizando actividades de mantenimiento no rutinario de activos relevantes, que permitan entregar confiablidad a los sistemas, equipos o componentes, para asegurar la continuidad operacional de los procesos, durante un periodo de tiempo definido.
- **Parada de Planta (PPL):** Mantenimientos mayores o Parada de Línea, mantenimiento de activo que requieren una detención parcial del proceso crítico de duración sobre 48 horas.
- **Mantenimiento Rutinario (MRT):** Actividades rutinaria que se ejecutan por las distintas especialidades de mantenimiento secuenciado con las labores de mantenimiento requeridas (por avisos correctivos o sintomáticos, o por plan matriz/estrategia) y ejecutarlos con calidad y eficiencia.

Su implementación y control se gestionan mediante un software de planificación de recursos empresariales. En el caso de EMICOB, se utiliza SAP PM, módulo del sistema SAP que permite la gestión integral del mantenimiento de activos a través de la planificación, ejecución y control de actividades correctivas, preventivas y predictivas, además de almacenar la información necesaria para el posterior análisis de brechas y mejora continua. Cada Plan de Mantenimiento se compone de distintos objetos técnicos y documentos necesarios para la correcta gestión de información dentro del plan. Estos siguen la siguiente estructura y descripción:

Los Planes de Mantenimiento, Posiciones y Hojas de Ruta son Objetos técnicos del software SAP PM, a diferencia de la Pauta de Mantenimiento, que es un documento que se lleva físicamente para guiar la intervención en terreno. En detalle, cada uno de los objetos técnicos contiene:

- **Pauta de Mantenimiento:** El documento debe contener toda la información necesaria para guiar en terreno la ejecución de las actividades de mantenimiento. El documento es impreso cada vez que se realiza la intervención, por lo tanto es el objeto técnico que debe tener mayor nivel de detalle, de modo que el ejecutor pueda realizar la intervención de forma correcta

y completa utilizando exclusivamente la información disponible en este. La información más relevante contenida en él son el equipo a intervenir, el tipo de intervención (mantenimiento o inspección), la lista de materiales y repuestos necesarios y el listado de actividades de la intervención. Además, permite a el ejecutor indicar en él el listado de avisos generados por hallazgos u observaciones durante la ejecución.

- **Hoja de Ruta:** Es el objeto técnico de SAP PM, en el que se hace la asignación de recursos, por lo que se indica el puesto de trabajo ejecutor de la intervención, el estado de la instalación durante la intervención (en funcionamiento o detenido), la frecuencia de la intervención (para estrategias de mantenimiento basado en tiempo) y las operaciones necesarias, con su duración y dotación necesaria. Estas operaciones luego son levantadas por sistema, y en el caso de no estar el plan en automático, son gestionadas por personal de planificación para generar **órdenes de trabajo**, por lo que en las operaciones se anexa la pauta de mantenimiento, y esta luego vaya asociada una vez realizada la orden.
- **Posición:** Detalla la ubicación técnica donde se hará el mantenimiento, el puesto de trabajo responsable de la ejecución, y se le asocia la hoja de ruta.
- **Plan de Mantenimiento:** El plan de mantenimiento tiene asociados todos los demás objetos técnicos, y los presenta de forma resumida. En él además se pueden regular los parámetros de programación, que permiten regular y modificar la programación de las órdenes generadas por el plan de mantenimiento.

26. Definición de la Situación Actual e Ideal

Para analizar las brechas asociadas a los planes de mantenimiento, es necesario examinar en detalle lo señalado sobre esta materia durante el proceso de entrevistas y encuestas, así como los resultados de las evaluaciones SOMA, con el fin de profundizar en la identificación y comprensión de las oportunidades de mejora relacionadas con dichos planes. El detalle de lo indicado en la encuesta/entrevista de diagnóstico se indica en la siguiente tabla:

Tabla 26.1: Detalle de lo mencionado durante investigación sobre planes de mantenimiento

Mencionado por (área)	**Detalle**
Confiabilidad	Estándar en creación, seguimiento y actualización de planes de mantenimiento, evaluación de su calidad. Permite asegurar consistencia, trazabilidad y alineación con objetivos operacionales
Suministros	Se deben hacer mejores pautas de mantenimiento, y con mejor análisis en base a fallas históricas, no generalizadas como antiguamente. Se debe considerar criticidad de los equipos. Pautas de mantenimiento que requieren distintas especialidades deben estar destinadas para cada una.
Suministros	Revisar efectividad y alcance de los planes de mantenimiento vigentes.
Confiabilidad	Deben mejorarse pautas de mantenimiento actuales y hacer las pautas pendientes. Es causa raíz a altos avisos planificados y caos de planificadores (no están en automático por planes, no hay los suficientes para cubrir tantas horas disponibles)
Ejecución	Planes de mantenimiento se deben actualizar, en frecuencia, y detalles. Otros deben ser creados y no solo presentado como que se van a hacer.
Planificación	Actividades recurrentes deben tener plan de trabajo
Ejecución	Cultura de mantenimiento no se emplaza completamente en la confiabilidad de activos críticos que hay en refinería y RAF
Suministros	Hacer estrategias de mantenimiento según fabricante
Suministros	Se debe hacer mantenimiento preventivo a todos los equipos de Suministros.

Notar la una variabilidad en el nivel de detalle y claridad de la información entregada.

Asimismo, en los resultados de la Evaluación de Madurez SOMA 2025, se indican las siguientes sugerencias:

- **Recomienda poner énfasis en:** Si bien la gestión de se cuentan con planes para equipos críticos y esenciales, se debe aumentar el porcentaje de estos planes en automático.
- **OM-2:** Aplicar flujograma de manera sistemática incluso para algunos equipos de criticidad media y baja con frecuencia anual (hace referencia a la Figura 9.10).
- **OM-3:** Asegurar que el Asegurar que en el 100 % de los textos descriptivos para las hojas de ruta, posiciones y plan se encuentra la información requerida de acuerdo con lo establecido por SOMA, incluidos los documentos de apoyo (MAF o anexos).

Se indica también que "el principal desafío ya no es técnico, sino de **disciplina, trazabilidad y estandarización**. El foco del próximo ciclo debe estar en cerrar brechas estructurales y consolidar prácticas, más que en incorporar nuevas herramientas."

26.1. Entrevistas de identificación de brechas en planes de mantenimiento

Adicionalmente, se profundizó el tema haciendo breves entrevistas a personas influyentes en distintas áreas relacionadas a la gestión de mantenimiento y de distintas jerarquías. Se les preguntó: **¿Qué brechas concretas evidencia relacionadas a los planes de mantenimiento?, ¿De qué manera afectan tu área de trabajo?** Las respuestas fueron las siguientes:

1. Del **área de confiabilidad** se indicó que:

   - No se realiza una actualización sistemática de los planes de mantenimiento ni se sigue una metodología claramente definida (como la establecida en SOMA). En la práctica, las actualizaciones se ejecutan de manera reactiva, principalmente ante la ocurrencia de problemas o cuando son solicitadas por la jefatura. Además, no existe claridad respecto de cuándo corresponde actualizar un plan de mantenimiento, debido a que:
     - No se utiliza un criterio basado en indicadores que permita medir el desempeño de los planes de mantenimiento.
     - Ni los análisis de desempeño ni la etapa de post mantenimiento derivan sistemáticamente en acciones correctivas, lo que impide vincular estos análisis con la actualización de los planes de mantenimiento.
   - No se ha impulsado formalmente el uso de una metodología de actualización de planes de mantenimiento. Asimismo, el personal del área no ha recibido capacitación específica y no existe un conocimiento detallado de la metodología SOMA.
   - El análisis RCM actualmente no se utiliza durante la actualización de los planes de mantenimiento, ni se actualiza de manera paralela cuando estos planes son modificados. Incorporar esta actualización en paralelo se percibe como un factor que podría ralentizar el proceso y aumentar la carga administrativa, por lo tanto se preferencia priorizar la agilidad en la modificación de los planes.
   - El despliegue de planes se complica a veces, ya que no hay un material claro que te guíe en el proceso.
   - En numerosos casos, los planes de mantenimiento no abarcan todas las necesidades reales de los equipos, lo que se relaciona con limitaciones en la calidad del análisis disponible. Entre los principales factores que afectan esta situación se encuentran:
     - Los operadores no generan avisos con un nivel adecuado de completitud de información, lo que dificulta la construcción de un historial de fallas confiable y limita la calidad del análisis posterior. En algunos casos esto se explica por limitaciones en las habilidades computacionales, mientras que en otros se debe a la percepción de falta de tiempo o a la idea de que esta tarea no forma parte de sus responsabilidades.
     - En el software PI ProcessBook (control de procesos) es posible visualizar interrupciones en la operación; sin embargo, no se identifica específicamente qué componente del equipo presenta la anomalía. Esto dificulta el análisis y el cruce de información con los avisos registrados en el sistema.
     - Para la actualización de los planes de mantenimiento se utiliza principalmente el criterio experto (práctica validada por SOMA). No obstante, su aplicación puede resultar ambigua si no se encuentra respaldada por una justificación técnica clara. Además, en muchas ocasiones este conocimiento se pierde debido a la ausencia de mecanismos de trazabilidad que registren formalmente estas indicaciones.

Además, se mencionó:

- Debemos implementar la solución primero en equipos de criticidad alta y esencial, de manera tal que se pueda probar la solución, y modificarla de ser necesario. Además, permite atacar directamente la situación más crítica.
- Se debe considerar como estrategia de la Superintendencia priorizar inicialmente la implementación de mejoras como la estandarización de procesos y la automatización de tareas, tal como fue señalado en el informe de medición de madurez SOMA. Esto permitirá liberar tiempo y recursos operacionales, facilitando posteriormente la dedicación a iniciativas de mayor alcance. De esta manera, se impulsa la mejora continua y, a medida que estas prácticas se consoliden, será posible abordar brechas de mayor magnitud e impacto.

2. Además, según el **área de planificación**:

   - Algunos planes no siguen el formato adecuado, y se produce confusión tanto en la planificación como en la ejecución. Esto no permite analizar los datos de forma global, y dificulta el análisis para todos, ya que hay que interpretar y modificar lo ingresado al sistema.
   - Las Hojas de Ruta de los planes de mantenimiento tienen mucho detalle, lo que implica mayor trabajo en planificación. El detalle de intervención debe estar contenido en la pauta de mantenimiento.
   - Suele haber problemas en la asignación de recursos de los planes de mantenimiento (hojas de ruta), no está correctamente balanceada la dotación o los tiempos de las actividades. Si faltan recursos, implica una deficiencia en el plan y se debe incorporar actividades no planificadas, aumentando la carga de trabajo de planificación.

3. Y finalmente, según el **área de ejecución**:

   - No se suele hacer gestión posterior luego de levantar brechas en las pautas o el plan de mantenimiento, ya que se termina olvidándose.
   - El ejecutor suele tener tiempo libre, al contrario de lo que se cree, se considera mayor tiempo del necesario para hacer la ejecución. Tiene el tiempo necesario para hacer avisos y de calidad.
   - Algunas de las pautas de mantenimiento no tienen el detalle de información necesario, separado para cada especialidad, y no incorporan información técnica útil para el mantenimiento, como límites de espesor admisible, y otros. Tampoco se actualizan considerando fallas históricas de los equipos, sino que generalizadas. Estas situaciones provocan altos avisos no planificados y sobrecarga de planificadores. Las actividades recurrentes deben tener plan de trabajo.
   - Suelen haber muchos hallazgos en terreno, pese al cumplimiento del plan de mantenimiento. No están consideradas todas las necesidades reales del equipo.
   - No se validan los planes con el área ejecutora antes de desplegarse, si no que se valida dentro de la misma área de confiabilidad, por lo que en ocasiones no se consideran efectivamente nuestros requerimientos.

En base a lo señalado, se puede afirmar que **existen múltiples situaciones relacionadas con los planes de mantenimiento que generan ineficiencias en la gestión de mantenimiento y afectan negativamente el cuidado de los equipos**. Asimismo, las brechas identificadas en un ámbito influyen y se retroalimentan con las de otros, configurando un conjunto de causas interrelacionadas sin una causa única y evidente.

Por ejemplo, en algunos casos el plan de mantenimiento no se ajusta a las necesidades reales de los equipos, lo que obliga a gestionar intervenciones adicionales mediante trabajos no planificados. Esto incrementa la carga de trabajo tanto en el área ejecutora, por la generación de avisos, como en el área de planificación, encargada de su posterior programación.

En gran medida, esta situación se explica porque lo establecido en los planes de mantenimiento no se vincula de manera sistemática con otras instancias de análisis, como el post mantenimiento o el análisis de malos actores (fallas), por lo que los resultados obtenidos en estas etapas no se traducen en mejoras concretas en los planes.

Sin embargo, el análisis se ve limitado justamente por la escasez y baja calidad de la información registrada en el sistema, lo que dificulta aún más la toma de decisiones fundamentadas.

Por lo tanto, el problema asociado a los planes de mantenimiento puede describirse como un **problema multifactorial y redundante**. No obstante, dada su complejidad, su resolución debe abordarse mediante un **enfoque de mejora continua**, aplicado a las distintas aristas del problema, de manera que permita enfrentarlo de forma integral.

26.2. Mejora continua de los planes de mantenimiento: SOMA y la realidad

Según el Sistema Operativo de Mantenimiento (SOMA), la mejora continua aplicada a los planes de mantenimiento constituye uno de sus pilares fundamentales. Esto se evidencia al analizar la Política de Mantenimiento N°2, la cual establece la necesidad de **actualizar continuamente las estrategias y planes de mantenimiento con foco en mejoras de productividad** (ver Figura 9.1).

SOMA establece

De acuerdo con lo señalado en la Subsección 26.1, se puede inferir que **no se aplica una metodología sistemática de mejora continua a los planes de mantenimiento**.

ausencia de un proceso sistemático de mejora continua aplicado a los planes de mantenimiento y contribuye a explicar la persistencia de las brechas identificadas.

En consecuencia, se evidencia una aplicación inefectiva de metodologías de mejora continua sobre los planes de mantenimiento y los efectos asociados a esta situación. Esto permite concluir que **el problema central asociado a los planes de mantenimiento radica en la falta de una actualización continua y sistemática de estos**.

26.3. Definir el Problema (Situación actual e ideal)

Se logra definir el fenómeno en un texto concreto coherente que integre las seis respuestas de la herramienta 5W+1H. “La peor solución es la solución al problema equivocado”:

Tabla 26.2: Definición del problema con la herramienta 5W+1H

Pregunta	Detalle	Respuesta
What (Qué)	¿Qué sucede?, ¿Qué se está haciendo?	No se hace actualización a los planes de mantenimiento.
When (Cuándo)	¿En qué momento del día o durante qué proceso?	Constantemente, especialmente cuando es levantado con otras etapas de análisis (Fallas, Hallazgos, Post Mantenimiento).
Where (Dónde)	¿Dónde se está viendo estos problemas? (lugar, plataforma, ...)	Empresa Minera de Cobre, EMICOB.
Who (Quién)	¿Qué personas, cargos o áreas están involucradas?	Personal de Confiabilidad de la Superintendencia de Mantenimiento y Proyectos.
Which (Cuál)	¿Causas posibles?, ¿Se sigue un patrón?	Se realiza solo cuando se solicita como urgencia o lo solicita su jefatura.
How (Cómo)	¿Cómo se diferencia del estado normal?, ¿Ocurre frecuentemente o rara vez?	No se sigue un método, se diferencia del modelo SOMA y ocurre siempre.

Por lo tanto, se puede definir el problema de la siguiente manera:

Situación real (problema)

El personal de Confiabilidad de la Superintendencia de Mantenimiento y Proyectos de la Empresa Minera de Cobre no actualiza de forma sistemática los planes de mantenimiento ni los vincula con otras etapas de análisis. No se sigue una metodología formal de actualización y las acciones se ejecutan principalmente ante contingencias operacionales o por solicitud de la jefatura.

Resulta relevante responder a la pregunta: **¿Cuál es el futuro esperable si se continúa trabajando de la misma manera?**

La ausencia de un proceso sistemático de mejora continua en los planes de mantenimiento genera consecuencias progresivas tanto sobre las personas como sobre los activos y el desempeño operacional de la organización.

En primer lugar, se produce una pérdida gradual del conocimiento generado en terreno. Las observaciones de mantenedores, supervisores e ingenieros dejan de transformarse en mejoras permanentes de los planes de mantenimiento, provocando que los mismos problemas se repitan en el tiempo y que la organización desaproveche oportunidades de aprendizaje y estandarización.

Como consecuencia de lo anterior, los planes de mantenimiento comienzan a perder vigencia respecto de la realidad operacional. Las condiciones de operación, los modos de falla, el estado de los equipos y los requerimientos productivos evolucionan continuamente, mientras que los planes permanecen estáticos. Esto provoca que se mantengan actividades que aportan poco valor, se omitan intervenciones necesarias y se generen desviaciones crecientes entre el mantenimiento planificado y las necesidades reales de los activos.

Lo anterior impacta directamente en la ejecución del mantenimiento. Aumenta la cantidad de hallazgos en terreno, los trabajos adicionales no considerados inicialmente y las desviaciones durante

la ejecución, aun cuando exista un alto cumplimiento del programa de mantenimiento. En consecuencia, la ejecución se vuelve progresivamente menos eficiente y requiere mayores esfuerzos para obtener resultados similares.

De forma paralela, la planificación y programación también pierden efectividad. La información utilizada para definir frecuencias de mantenimiento, estimar recursos, determinar tiempos de intervención y gestionar materiales se vuelve cada vez menos representativa de la realidad operacional. Esto incrementa la incertidumbre en la planificación, dificulta la coordinación de actividades y favorece la generación de trabajo no planificado.

Ambos efectos derivan en un uso ineficiente de los recursos disponibles. Se destinan horas-hombre, materiales y servicios a actividades que podrían optimizarse o eliminarse, mientras que otras intervenciones críticas pueden no estar siendo ejecutadas con la frecuencia o profundidad requerida.

Desde la perspectiva de los activos, las consecuencias son aún más relevantes. Al no evolucionar junto con las necesidades cambiantes de los equipos, los planes de mantenimiento se desalinean progresivamente de la estrategia de gestión de activos. Esto incrementa la probabilidad de fallas, detenciones no programadas, pérdida de disponibilidad y deterioro prematuro de los equipos, afectando directamente la confiabilidad operacional.

En consecuencia, la ausencia de mejora continua en los planes de mantenimiento deriva en una disminución gradual de su efectividad, reflejándose en una menor confiabilidad de los activos, un aumento del trabajo no planificado, mayores costos de mantenimiento y una pérdida progresiva de conocimiento organizacional. Asimismo, limita la capacidad de la organización para avanzar hacia niveles superiores de madurez en la gestión de mantenimiento y consolidar una estrategia orientada al mantenimiento proactivo.

Caso contrario, se define la situación ideal de la siguiente manera:

Situación ideal

El personal de Confiabilidad de la Superintendencia de Mantenimiento y Proyectos de la Empresa Minera de Cobre debe actualizar de manera sistemática y periódica los planes de mantenimiento, bajo una metodología definida e integrada con otras etapas de análisis, con el fin de anticiparse a contingencias y adaptarse a las necesidades cambiantes de los equipos.

27. Desglose del Problema

- No se hace actualización sistemática de los planes de mantenimiento.
- Se actúa por contingencia operacional o por solicitud directa de jefatura.
- No se puede medir el nivel de desempeño de todos los planes de mantenimiento.
- No se vincula la actualización con otras etapas de análisis.
- No se utiliza el análisis RCM efectivamente.
- No se tiene trazabilidad de las solicitudes de actualización de los planes de mantenimiento.
- No se sigue el mismo formato para todos los planes de mantenimiento en sistema SAP PM.
- No se validan los planes de mantenimiento antes de desplegarse.

28. Definición del Objetivo

Esta etapa se busca definir la meta que se desea alcanzar al terminar el ciclo de mejora continua. Para esto se considera el acrónico SMART:

- **Specific (S):** La meta debe ser **específica**.
- **Measurable (M):** La meta debe ser **medible**.
- **Attainable (A):** La meta debe ser **alcanzable**.
- **Relevant (R):** La meta debe ser **relevante**.
- **Time Based (T):** La meta debe tener una **fecha límite**.

Luego, en conjunto con el tutor se definió que el objetivo para la resolución de la oportunidad de mejora relacionada a los planes de mantenimiento es:

Objetivo

Todos los planes de mantenimiento activos de equipos de criticidad escencial y alta deben ser actualizados como mínimo de forma anual una vez transcurrido un año de la implementación de la solución, y esto debe reflejarse en una reducción del 5 % del trabajo no planificado.

Tal como fue indicado, se consideran únicamente los equipos de criticidad esencial y alta, que representan cerca del 50 % de más de 1500 planes de mantenimiento activos en sistema. Se debe priorizar únicamente estos planes, para una vez instaurada la metodología, modificarla para incorporar el resto de equipos.

29. Análisis de Causas Directas

Para este análisis se usó el **Diagrama de Ishikawa** (consultar en Sección 12).

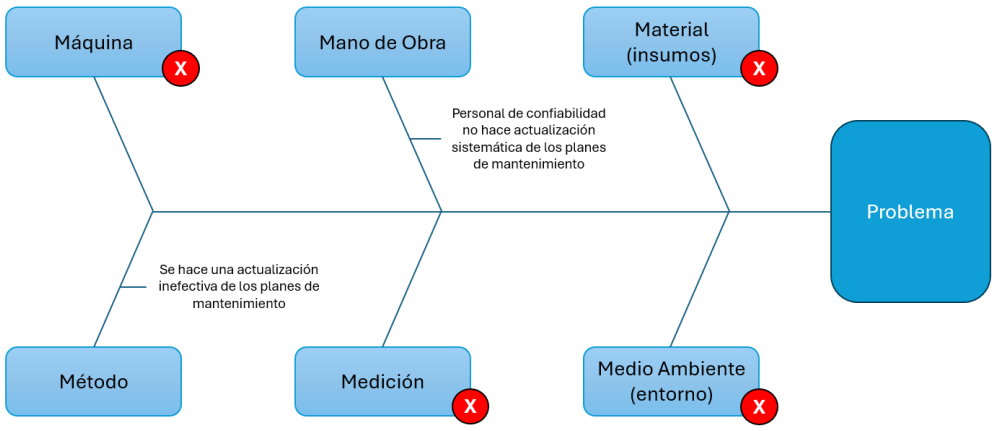


Figura 29.1: Diagrama de Ishikawa
Fuente: Elaboración propia

Notar que por la naturaleza del problema planteado, se considera que:

- **Mano de Obra (personas):** Aplica para este caso. Se considerará a todo el personal de Confiabilidad, desde los líderes, hasta el propio equipo de analistas, responsables de generar y desplegar los planes de mantenimiento. El análisis, por lo tanto parte de la premisa: **El personal de confiabilidad no realiza una actualización sistemática de los planes de mantenimiento.**
- **Medición:** No aplica como causa del problema. El dato utilizado para evidenciar la ausencia de actualización corresponde al presentado en la Subsección 26.1, obtenido directamente desde SAP PM en conjunto con la analista de planificación, por lo que se considera válido y confiable.
- **Medio Ambiente (entorno):** No aplica como causa directa. Si bien el entorno influye en los requerimientos del equipo y en su condición cambiante, no afecta los procesos de gestión de mantenimiento. Por el contrario, refuerza la necesidad de actualizar los planes.
- **Máquina:** No aplica como causa. El equipo no es responsable de la falta de actualización; más bien, sus condiciones cambiantes justifican la necesidad de ajustar los planes de mantenimiento.
- **Materia Prima:** No aplica para este caso. Se dispone de los recursos necesarios para realizar la actualización de los planes de mantenimiento.
- **Método:** Aplica de forma directa. La ausencia de un método estructurado de actualización constituye una de las principales causas del problema. El análisis, por lo tanto parte de la premisa: **La actualización de los planes de mantenimiento se realiza de manera inefectiva.**

30. Análisis de Causas Raíz Aparentes

Se procede a realizar el análisis de causas raíces aparentes. Para ello, se utiliza la herramienta **análisis porqué** (mayor detalle en la Sección 12). Se realizó el análisis junto con el tutor y el personal de confiabilidad.

30.1. Causas raíces relacionadas a Método:

La siguiente figura corresponde a el análisis porqué realizado para determinar las causas raíces al problema planteado relacionadas a la mano de obra. Para ello se parte de la premisa: **La actualización de los planes de mantenimiento se realiza de manera inefectiva**.

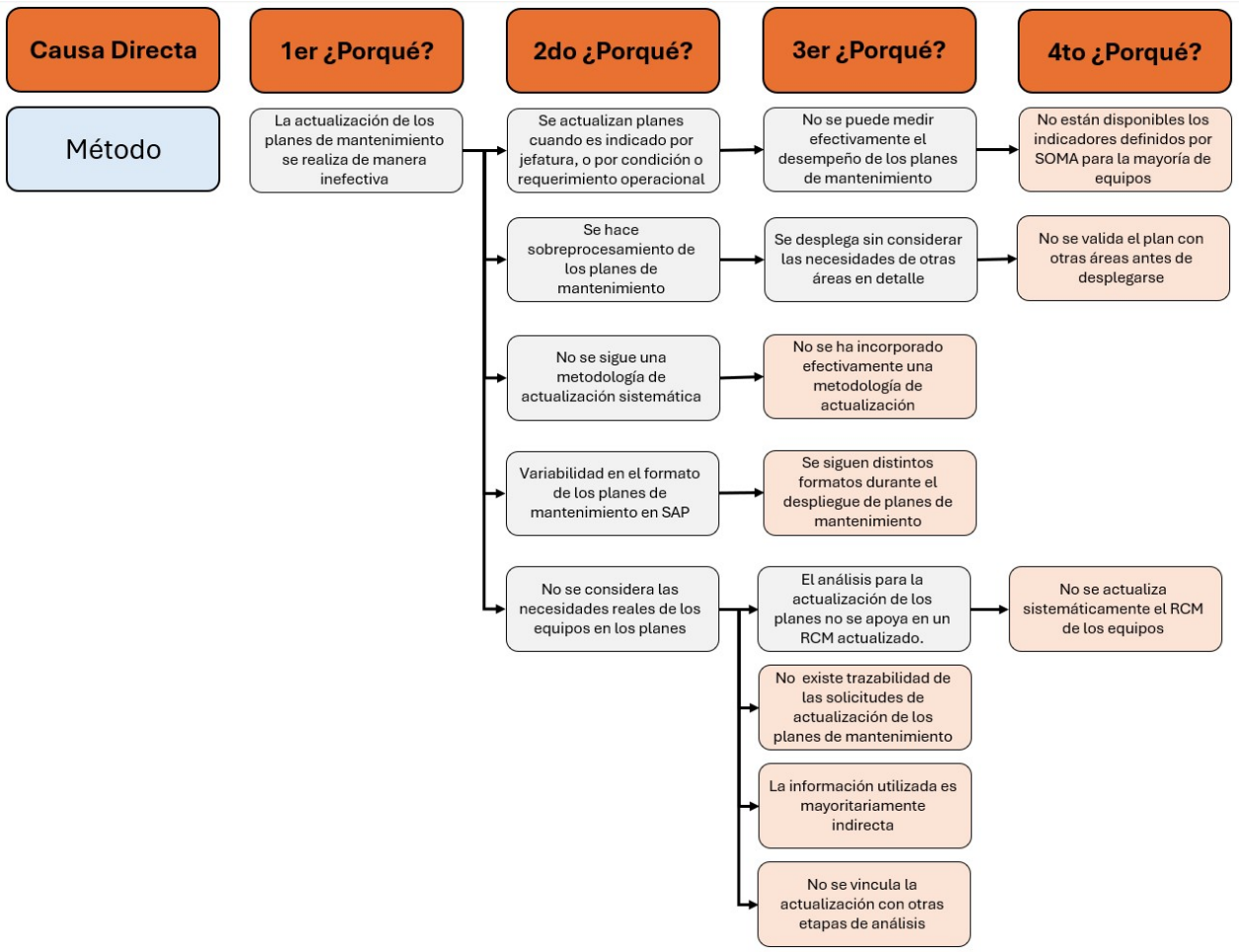


Figura 30.1: Causas Raíz Aparentes para Método
Fuente: Elaboración propia

Se considera que se realiza actualización inefectiva de los planes de mantenimiento por cinco motivos principales, que permiten identificar las siguientes causas raíz:

1. **Se actualizan planes cuando es indicado por jefatura, o por condición o requerimiento operacional:** Normalmente se actualizan los planes de mantenimiento en urgencias o cuando es indicado por la jefatura, no en base a los resultados del plan. Esto se debe principalmente a que no se puede medir efectivamente el desempeño de los planes de mantenimiento, ya que **los indicadores definidos por SOMA para medir el desempeño de los planes de mantenimiento no están disponibles para la gran mayoría de equipos**.

2. **Se hace sobreprocesamiento de los planes de mantenimiento:** A la hora de desarrollar y desplegar un plan de mantenimiento, suele encontrarse la situación de que el plan no cumple los requerimientos de otras áreas para poder ser ejecutado, por lo que hay cuestionamientos posteriores y solicitudes una reactualización. Esto corresponde a un tipo de desperdicio según la filosofía LEAN (consultar la Sección 11). Ocurre claramente, ya que **no se valida el plan con otras áreas antes de desplegarse**.

3. **No se sigue una metodología de actualización sistemática:**, Esto ocurre ya que aún **no se incorporado efectivamente una metodología de actualización** en la división.

4. Hay **variabilidad en los planes de mantenimiento desplegados en SAP PM:** Hay variabilidad respecto a formato en los planes de mantenimiento cargados en SAP PM, ya que **se siguen distintos formatos durante el despliegue de planes de mantenimiento**, lo que genera heterogeneidad en la estructura de los planes, dificulta su análisis comparativo y la gestión a gran escala.

5. **No se considera las necesidades reales de los equipos en los planes:** Las intervenciones consideradas en el plan no son suficientes para abarcar todas las necesidades del equipo. Se considera que esto ocurre por los siguientes motivos:

   a) El análisis realizado para determinar las intervenciones que se deben modificar en una modificación no se apoya de un RCM actualizado del equipo. Esto ocurre ya que **no se actualiza sistemáticamente el RCM de los equipos**, acorde a las necesidades cambiantes de estos.

   b) **No existe trazabilidad de las solicitudes de actualización de los planes de mantenimiento**, por lo que la información dada durante estos levantamientos se pierde en el largo plazo.

   c) **La información utilizada es mayoritariamente indirecta**, ya que se informa principalmente por lo mencionado por otros, y no se corrobora la información en terreno.

   d) **No se vincula la actualización con otras etapas de análisis**, como el análisis de desempeño (Fase H, SOMA) o post mantenimiento.

Notar que en el punto tres, se aclara que aún no se ha incorporado efectivamente una metodología de actualización. Esto permite inferir, que la solución está asociada con la implementación de una metodología concreta. Para permitir la argumentación en las siguientes causas raíces, a esta metodología le llamaremos **procedimiento**.

30.2. Causas raíces relacionadas a Mano de Obra:

La siguiente figura corresponde a el análisis porqué realizado para determinar las causas raíces al problema planteado relacionadas a la mano de obra. Con "mano de obra", se considera a todo el personal del área, desde los equipos de trabajo hasta las jefaturas. Para ello se parte de la problemática: *"El personal de confiabilidad no realiza la actualización sistemática de los planes de mantenimiento"*.

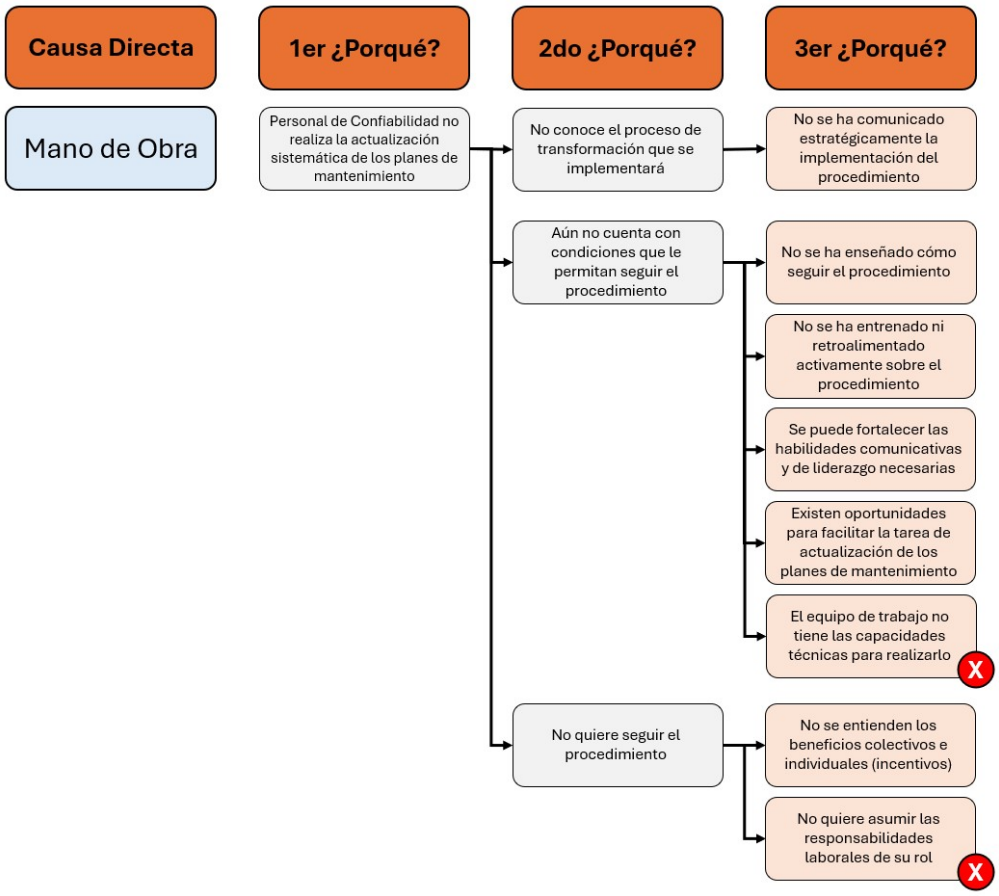


Figura 30.2: Causas Raíz Aparentes para Mano de Obra
Fuente: Elaboración propia

El desarrollo de este análisis se realizó considerando el modelo propuesto por Nieder y Zimmermand difundido en la literatura a través de trabajos como el de Galpin en su libro *The Human Side of Change: A Practical Guide to Organization Redesign*, y desarrollado en el marco teórico del presente trabajo en la Sección 14.

Se adopta este modelo debido a que permite clasificar los distintos tipos de resistencia asociados a las personas. De esta manera, el análisis facilita la identificación y consideración de cada una de estas barreras durante el desarrollo de la solución definitiva, y permite determinar el **orden que se debe considerar en el proceso de implementación** (revisar la Sección 33). Por lo tanto, este análisis se utiliza para identificar tanto las causas actuales asociadas al problema como aquellas que podrían afectar una implementación futura, con el fin de anticipar posibles dificultades en el proceso de transformación y guiar su correcta aplicación tomando acciones preventivas.

Finalmente, para abordar el problema *"El personal de confiabilidad no realiza la actualización sistemática de los planes de mantenimiento"*, se analizan tres niveles de barreras que permiten identificar las siguientes causas raíz:

1. **No conoce el proceso de transformación que se implementará:** El personal no tiene conocimiento del proceso orientado a implementar una metodología formal para la actualización de los planes de mantenimiento. Esto se debe principalmente a que **no se ha comunicado**

estratégicamente la implementación del procedimiento ni se ha orientado formalmente al equipo de Confiabilidad respecto de su aplicación, dado que aún no se ha definido ni incorporado explícitamente como parte de la estrategia de la Superintendencia de Mantenimiento.

2. **Aún no cuenta con condiciones que le permitan seguir el procedimiento:** El personal no dispone plenamente de instancias o mecanismos que permitan desarrollar y fortalecer la habilidad de aplicar de forma sistemática el procedimiento. Dentro de este nivel se identifican las siguientes causas:

   a) **No se ha enseñado cómo seguir el procedimiento:** No se ha capacitado formalmente al personal sobre el procedimiento, como primer acercamiento a la metodología.

   b) **No se ha entrenado ni retroalimentado activamente sobre el procedimiento:** Una vez realizado el primer acercamiento, no se han realizado instancias sistemáticas de seguimiento, retroalimentación y reforzamiento de habilidades relacionadas con la aplicación del procedimiento.

   c) **Se pueden fortalecer las habilidades comunicativas y de liderazgo necesarias:** Se requiere gestionar de manera más efectiva el componente interpersonal del proceso de cambio, particularmente mediante un liderazgo activo orientado a fortalecer el trabajo del equipo de Confiabilidad y a reforzar, a través de una comunicación clara y consistente, el valor de la mejora continua aplicada a los planes de mantenimiento. Se relaciona con la penúltima causa.

   d) **Existen oportunidades para facilitar la tarea de actualización de los planes de mantenimiento:** Se considera además, que el proceso debe contar con herramientas de apoyo claras y accesibles que orienten paso a paso la revisión y el análisis requerido, de manera tal de facilitar su aplicación sistemática.

   e) **El equipo de trabajo no tiene las capacidades técnicas para realizarlo:** Esta posible causa se considera **inválida**, dado que el equipo de Confiabilidad cuenta con las capacidades técnicas necesarias para realizar esta tarea, solo que se deben eliminar las barreras asociadas al desarrollo y fortalecimiento de esta habilidad.

3. **No quiere realizar la actualización sistemática:** El personal conoce la metodología y dispone de las capacidades y herramientas necesarias para aplicarla, pero no existe un compromiso efectivo con su implementación. En este nivel se consideran dos posibles causas:

   a) **No se comprenden plenamente los beneficios colectivos e individuales (incentivos):** El personal no tiene completamente interiorizado el beneficio que implica la actualización sistemática de los planes de mantenimiento, tanto a nivel colectivo para la gestión de mantenimiento, como a nivel individual mediante incentivos formales.

   b) **No quiere asumir las responsabilidades laborales de su rol:** Aun cuando todas las condiciones organizacionales se encuentren adecuadamente abordadas, si persiste una resistencia individual a la adopción de la iniciativa, entonces esta se relaciona directamente con la disposición del personal a cumplir con sus responsabilidades laborales. Esta causa se considera **inválida** para efectos del análisis de causas raíz.

Por lo tanto, luego de este análisis se consideran válidas las siguientes causas raíces aparentes al problema planteado en la Subsección 26.3. Considerar que el código indicado hace referencia a la causa directa que está asociada y al número de causa raíz aparente:

Tabla 30.1: Causas raíces aparentes

Código	**Causa raíz Aparente**
ME-1	No están disponibles los indicadores definidos por SOMA para la mayoría de equipos
ME-2	No se valida el plan con otras áreas antes de desplegarse
ME-3	No se ha incorporado efectivamente una metodología de actualización
ME-4	Se siguen distintos formatos durante el despliegue de planes de mantenimiento
ME-5	No se actualiza sistemáticamente el RCM de los equipos
ME-6	No existe trazabilidad de las solicitudes de actualización de los planes de mantenimiento
ME-7	La información utilizada es mayoritariamente indirecta
ME-8	No se vincula la actualización con otras etapas de análisis
MO-1	No se ha comunicado estratégicamente la implementación del procedimiento
MO-2	No se ha enseñado cómo seguir el procedimiento
MO-3	No se ha entrenado ni retroalimentado activamente sobre el procedimiento
MO-4	Se puede fortalecer las habilidades comunicativas y de liderazgo necesarias
MO-5	Existen oportunidades para facilitar la tarea de actualización de los planes de mantenimiento
MO-6	No se entienden los beneficios colectivos e individuales (incentivos)

31. Análisis de Soluciones

En esta etapa del análisis se busca definir soluciones para las causas raíz identificadas en la Tabla 30.1, con el objetivo de determinar qué alternativas de solución se implementarán y de qué manera. Se consideran los límites técnicos, temporales y económicos de este proyecto definidos en la Subsección 3.3, así como el nivel de madurez de la Superintendencia en materias de mejora continua.

Se presentan las soluciones a las causas raíces identificadas en el orden lógico de implementación. Se distinguen dos tipos de casos:

- **Causas con solución determinada por análisis directo:** Se pueden determinar las soluciones mediante un análisis, ya sea breve o extenso.
- **Causas que admiten múltiples alternativas de solución:** En este último caso, las alternativas se desarrollan y evalúan utilizando como criterios la facilidad, el costo y el tiempo de implementación, junto con el beneficio proyectado de la solución. Se evalúa en cada uno de estos criterios con un puntaje de 1 a 5, según la siguiente tabla:

Tabla 31.1: Matriz de evaluación de soluciones

CRITERIO	**EVALUACIÓN**				
	1	**2**	**3**	**4**	**5**
Facilidad de implementación	Muy Difícil	Difícil	Dificultad Media	Fácil	Muy Fácil
Costo de Implementación	Muy Caro	Caro	Costo Medio	Barato	Muy Barato
Tiempo de implementación	Muy Demoroso	Demoroso	Tiempo Medio	Rápido	Muy Rápido e inmediato
Beneficios	Ningún Beneficio	Beneficio	Con Algunos Beneficios	Con Beneficios Relevantes	Con Total Beneficios

Posterior a esta evaluación, se multiplican cada uno de los valores evaluados para obtener el puntaje total. La alternativa que tenga el puntaje más elevado, será la alternativa seleccionada.

31.1. ME-1: No están disponibles los indicadores definidos por SOMA para la mayoría de equipos

Se busca responder la pregunta **¿qué resultados son relevantes para priorizar qué planes de mantenimiento se deben actualizar?**. Tal como se indica en la Subsubsección 9.2.3, el SOMA establece que el desempeño de un plan de mantenimiento debe evaluarse a partir de:

- Metas de desempeño tales como OEE, disponibilidad, tiempo medio entre fallas y tiempo medio para reparar (MTBF y MTTR por sus siglas en inglés).
- Desempeño de equipos que presenten fallas crónicas.
- KPI de cumplimiento del plan matriz.

Los indicadores señalados en el primer ítem corresponden a métricas clásicas de gestión de mantenimiento, alineadas con los objetivos del negocio (ver mayor desarrollo en la **??**). El segundo ítem se vincula con el análisis de malos actores desarrollado en la Fase H del SOMA (ver Subsubsección 9.2.8), mientras que el tercero mide la adherencia del área ejecutora al plan (descrito en la Subsubsección 9.2.3).

Sin embargo, en esta División no se miden de forma sistemática los indicadores del primer ítem para la totalidad de los equipos de la planta. Actualmente, solo se dispone para el análisis los indicadores de disponibilidad y tiempo medio entre fallas (MTBF) para un total de once equipos críticos, como los rectificadores y algunas máquinas específicas, tales como la máquina preparadora de ánodos, las máquinas fabricadoras de cátodos iniciales y las máquinas despegadoras de lámina (ver Sección 7), de los 1140 equipos de la división. Para el caso del tiempo medio de reparación (MTTR) no es incorporado dentro de los reportes de confiabilidad, pese a que puede ser determinado. Esto resulta una brecha considerable, ya que es un indicador clave para mejorar la confiabilidad de los equipos, y medir la eficiencia ejecutora del mantenimiento y la reducción de costos asociados. Para el caso del OEE (Overall Equipment Effectiveness), este no se utiliza para los análisis por lo menos realizados dentro de la gestión de mantenimiento.

Esto implica que no se puede aplicar este criterio SOMA de manera transversal y limita su utilidad práctica, ya que no se acomoda a las condiciones de la división. La limitación de cuantos de equipos incluidos en estas mediciones se debe a que la estimación de estos indicadores requiere el cruce de información proveniente de distintas fuentes:

- **PI ProcessBook:** Software utilizado para el control de procesos, que permite visualizar datos productivos y variables operativas en tiempo real a partir de la instrumentación instalada en los equipos, por lo que su alcance depende directamente de la red instrumental disponible. Estas redes no permiten relacionar las anomalías individualizadas a los distintos subsistemas del equipo, y las señales generalmente son binarias de encendido/apagado (como es el caso de las bombas de circulación de refinería) o con datos de producción aprobada (como en el caso de la MPA), sin información explícita sobre la causa de detención (mantenimiento, falla, stand by u otra condición operacional), limitando la información disponible y el posterior análisis.
- **Avisos SAP PM:** Se complementa la información proveniente de PI usando avisos no planificados para determinar la causa de detención, ya sea por fallas, emergencias o hallazgos durante la ejecución. La confiabilidad de esta información depende tanto de la disciplina en la generación de avisos como de la calidad del mismo.
- **Información del área de Operaciones:** Cuando no es posible determinar el estado del equipo mediante ninguna de las plataformas anteriores, se recurre a levantamiento directo de información con personal de la Superintendencia de Operaciones.

En consecuencia, la medición sistemática de estos indicadores resulta compleja y demandante en términos de recursos, por lo que el esfuerzo se concentra únicamente en los equipos más críticos para el proceso productivo.

Este sobreprocesamiento (ver Sección 11) tiene como causa raíz el insuficiente despliegue de la red instrumental en los equipos de la División. Si bien esta brecha excede el alcance directo de la gestión de mantenimiento (osea de este trabajo), es necesario regularizar esta situación, aun considerando la inversión de capital y tiempo requerida. La carencia de información impacta directamente en la profundidad de los análisis de confiabilidad y limita la mejora continua de los planes de mantenimiento, especialmente en aquellos de mayor criticidad.

Por lo tanto, la primera prioridad estratégica en este contexto, debe ser abordar esta brecha, trabajando de manera coordinada con las áreas ejecutora y operacional para implementar la instrumentación necesaria y levantar métodos de análisis de datos para determinar tanto la disponibilidad, tiempo medio entre fallas y tiempo medio de reparación, como mínimo para todos los equipos críticos de la división.

Pese a lo anterior, y como solución de corto plazo, se desarrolla el siguiente indicador para aquellos equipos en los cuales no se dispone de mediciones sistemáticas de disponibilidad, MTBF y MTTR, de manera tal de determinar cuales planes son más críticos de actualizar en base a los resultados disponibles.

Como se mencionó previamente, los avisos generados en SAP PM poseen principalmente dos **clases de orden** (ver Sección 15): planificados (PL) y no planificados (NP). Esta clasificación distingue si el aviso se origina a partir de un plan de mantenimiento activo o si corresponde a una intervención no contemplada dentro del mantenimiento rutinario, de la siguiente manera:

De acuerdo con el SOMA, los planes de mantenimiento deben encontrarse activos y en modalidad automática, es decir, deben generar de forma sistemática avisos y órdenes de trabajo planificadas. Estos trabajos planificados debiesen ser predominantes dentro del sistema, de modo que la capacidad

programada alcance valores cercanos al 80 % mediante planes automáticos, utilizando el 100 % de la dotación disponible.

Por su parte, **los avisos no planificados se emplean para notificar emergencias, hallazgos y requerimientos de mantenimiento no considerados en el plan vigente**. En la División, en particular, son utilizados además para registrar **fallas de equipos**. Todas estas situaciones reflejan, en mayor o menor medida, ineficiencias del plan de mantenimiento, ya sea por incapacidad de prevenir una falla o por no haber incorporado intervenciones necesarias. Además, se relacionan con los indicadores de desempeño definidos por SOMA.

En este contexto, **se propone utilizar como indicador de inefectividad del plan de mantenimiento el porcentaje de trabajo ejecutado de carácter no planificado** respecto del total de trabajo realizado en un período determinado, medido en Horas Hombre (HH). El indicador se define como:

$$\%\ Trabajo\ No\ Planificado\ (\%NP) = \frac{HH(NP)}{HH(NP)\ +\ HH(PL)} \cdot 100\,\%$$

donde:

- *HH(NP)*: Horas Hombre ejecutadas en trabajos no planificados durante el período.
- *HH(PL)*: Horas Hombre ejecutadas en trabajos planificados durante el mismo período.

Se utiliza la magnitud Horas Persona por ser la variable que mejor representa el impacto operativo y de recursos asociado a una falla. Además, en la División es frecuente que un mismo evento origine múltiples avisos debido a cambios de turno y deficiencias en la comunicación, por lo que el conteo simple de avisos no refleja adecuadamente la magnitud real del trabajo ejecutado.

Notar que, este indicador resulta la contraparte porcentual del indicador ya descrito en SOMA en la Figura 9.19. Este indicador se define en los anexos de SOMA como **KPIAT-06-02** según la expresión:

$$\%\ Trabajo\ Planificado\ (\%PL) = \frac{HH(PL)}{HH(NP)\ +\ HH(PL)} \cdot 100\,\%$$

Se decide trabajar con el indicador *% Trabajo No Planificado (%NP)* en lugar de *% Trabajo Planificado*, ya que permite evaluar de manera más directa las ineficiencias asociadas a los planes de mantenimiento. De esta forma, se facilita el análisis del desempeño relativo de los planes y la identificación de oportunidades de mejora. Otras consideraciones que respaldan esta elección se desarrollan en la Subsubsección 32.2.1.

De esta manera, este indicador permite evaluar a todos los equipos de la planta, si embargo, se debe utilizar siempre y cuando no se disponga de los demás indicadores de confiabilidad.

Para profundizar el análisis, se determinó la manera de relacionar este indicador con el cumplimiento del plan matriz (revisar la Subsubsección 32.2.1).

31.2. ME-5: No se actualiza sistemáticamente el RCM de los equipos

El año 2019 se desarrolló en conjunto con una empresa de ingeniería, un análisis RCM Agilizado para todos los equipos de la planta, abarcando refinería electrolítica, hornos, equipos de fundición y demás. Este recurso fue diseñado para la creación inicial de los planes de mantenimiento durante la implementación de la metodología SOMA en el año 2019, en el contexto de un Task Force.

Por definición, este análisis constituye la base metodológica para la elaboración de planes de mantenimiento en equipos industriales, al centrarse en asegurar las funciones del activo dentro de

su contexto operacional. Tal como señala Moubray en *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (Edición en Español)* (ver Subsección 8.1), el RCM es el proceso utilizado para determinar qué debe hacerse para que un activo físico continúe cumpliendo lo que sus usuarios esperan de él en su contexto operacional actual.

De acuerdo con la norma SAE JA 1012, "A Guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM) Standard", el contexto operacional corresponde a las circunstancias en las cuales un activo o sistema se espera que opere. Además, según la Ingeniería de Mantenimiento, el contexto operacional se define considerando las 6M, Máquina, Mano de Obra, Material, Método, Medición y Medio Ambiente (Sección 8). Ambas definiciones, por lo tanto, hacen referencia a las condiciones operacionales, como el personal, herramientas o métodos usados, el entorno físico, medio ambiente y factores organizacionales. Ya que cada uno de estos elementos son dinámicos por naturaleza, entonces las actividades de mantenimiento necesarias para asegurar el cumplimiento de las funciones del activo también lo deben ser. En consecuencia, los **planes de mantenimiento requieren actualización constante**.

Sin embargo, surge la interrogante central: si el contexto operacional cambia y los planes se ajustan, ¿debe actualizarse también el análisis RCM cada vez que se modifica un plan?

En términos conceptuales, la respuesta es afirmativa. Si el plan cambia para adaptarse a nuevas condiciones, el análisis RCM debe reflejar esa misma realidad, ya que por definición, indica lo que debe hacerse en el activo para que cumpla sus funciones en su contexto operacional **actual**, no pasado. En caso contrario, se transforma en un documento histórico desvinculado de la operación actual, y se pierde coherencia entre la estrategia definida en él y las actividades de mantenimiento realizadas, como es el caso actual.

SOMA establece que el ciclo de actualización de planes de mantenimiento —y, por extensión de este análisis, del RCM que los sustenta— debe realizarse al menos una vez al año. No obstante, la magnitud del análisis RCM introduce una restricción práctica relevante. Según Moubray, un análisis detallado en una empresa industrial promedio puede contener entre tres mil y diez mil modos de falla. En el caso de la División, cada una de las máquinas de refinería considera del orden de cuatrocientos modos de falla, mientras que cada bomba de circulación supera los ciento cincuenta.

En este contexto, la modificación de un análisis RCM puede implicar una inversión significativa de tiempo, dependiendo del alcance del cambio requerido. Exigir su actualización completa en estricta simultaneidad con cada ajuste del plan ralentizaría el proceso global, reduciendo la frecuencia del ciclo de mejora continua y afectando su agilidad.

La situación se ve tensionada por condiciones actuales adicionales:

- La carga de trabajo del analista sería aún mayor si se considera la actualización de los planes de mantenimiento y además la actualización de los análisis RCM.
- El uso del criterio experto de operaciones y ejecución, que se fundamenta técnicamente al levantar la necesidad de ajustar un plan, no es adecuadamente trazabilizado ni gestionado, desaprovechando una fuente crítica de información, que podría ser de igual manera aprovechada y requiere menos esfuerzo.
- Se proyecta una reducción de personal, lo que incrementará la carga sobre los analistas de confiabilidad.

A pesar de estas restricciones, prescindir del RCM en la actualización de planes debilita la capacidad analítica del área de confiabilidad. En contraste, un análisis RCM actualizado permite sustentar técnicamente las decisiones, los análisis de desempeño realizados en los equipos, y asegurar

coherencia entre las funciones del equipo, la estrategia de mantenimiento definida y las actividades ejecutadas, constituyéndose de esta manera en un indicador directo de la madurez del sistema de mantenimiento, ya que:

- **Estructura integralmente los modos de falla presentados:** Ante la ocurrencia de una falla considerada en el análisis RCM, permite relacionarla con sus efectos inmediatos, consecuencias operacionales, y evaluar cómo dicho modo de falla afecta al subsistema, al equipo y a sus funciones. De este modo, el análisis trasciende el evento puntual y lo integra dentro del marco funcional del sistema, evitando soluciones aisladas o meramente reactivas y permitiendo dimensionar adecuadamente la magnitud de la situación. Esto facilita el análisis de malos actores y permite evaluar técnicamente cualquier ajuste derivado de fallas sin necesidad de rehacer el estudio del equipo desde cero.
- **Evidencia oportunidades de mejora cuando aparecen modos de falla no considerados:** Ante la ocurrencia de una falla no contemplada previamente en el análisis RCM, se revela una brecha técnica en el modelo actual del equipo. Desde la perspectiva de la mejora continua, esta brecha constituye una oportunidad de mejora que debe aprovecharse mediante la incorporación formal del nuevo modo de falla al análisis. Esto permite profundizar el entendimiento del activo, sus necesidades y sus distintos modos de falla, perfeccionando su modelo funcional. Asimismo, otorga trazabilidad a la nueva información y posibilita su utilización en análisis posteriores, asegurando que se trabaje con información actualizada que refleje fielmente el activo en su contexto operacional vigente.
- **Proporciona orden documental y trazabilidad histórica:** Asegura que toda la organización opere sobre una base técnica común, facilita la transferencia de conocimiento ante cambios de personal y registra la evolución del equipo a través de sus distintas versiones, en función de modificaciones operacionales o estratégicas. Sin control documental ni actualización sistemática, se pierde coherencia, trazabilidad y validez técnica en los análisis desarrollados por el equipo de confiabilidad.

Además, este análisis permite realizar benchmarking interdivisional, contrastando los análisis de equipos similares en otras divisiones y enriquecer el conocimiento de los activos a partir de sus experiencias, capitalizando el conocimiento organizacional disponible.

Por lo tanto, aunque se argumente que no es factible actualizar el RCM ante cada modificación del plan de mantenimiento por razones de carga administrativa o burocracia, este no puede limitarse a ser una referencia histórica de las necesidades del equipo en el año 2019.

El RCM es el núcleo de la estrategia de mantenimiento basada en confiabilidad. Para conservar su validez, debe representar de manera actualizada la totalidad de las necesidades del equipo. Modificar planes sin registrar formalmente esos cambios en el análisis provoca la pérdida de validez del RCM, genera desalineación documental y compromete la coherencia técnica del sistema completo.

La situación actual, caracterizada por desorden y desalineaciones, es reflejo de prácticas poco metódicas del pasado. En este contexto, implementar modificaciones recurrentes en el análisis RCM constituye el primer paso hacia una gestión estructurada. Corregir esta condición exige un cambio de enfoque organizacional, priorizando el orden técnico por sobre la inmediatez. Las soluciones rápidas, no respaldadas por un análisis formal, debilitan la disciplina operativa y exponen las decisiones a criterios subjetivos o inconsistentes.

En consecuencia, y considerando que los planes de mantenimiento deben ser el reflejo de un análisis RCM actualizado, se debe adoptar una metodología de actualización que contemple la siguiente

secuencia: primero modificar el análisis RCM, luego la pauta de mantenimiento, y finalmente el plan de mantenimiento en SAP PM con sus objetos técnicos. De este modo, se consolida y respalda técnicamente todas las necesidades del activo en su contexto operacional actual.

31.3. ME-8: No se vincula la actualización con otras etapas de análisis

Se consideran dos etapas de análisis de confiabilidad que deberían usarse para determinar que se debe actualizar un plan de mantenimiento:

- **Análisis de Desempeño:** Tal como se describe en la Subsubsección 9.2.8, la fase de Análisis de Desempeño tiene como objetivo comprender las desviaciones asociadas a activos que presentan fallas crónicas o agudas, con el fin de identificar brechas, determinar sus causas y definir soluciones orientadas a reducir la indisponibilidad de los equipos. De acuerdo con lo establecido por SOMA, estas acciones suelen derivar en revisiones o actualizaciones de los planes de mantenimiento, lo que constituye el foco del presente análisis (ver Figura 9.23).
- **Post Mantenimiento:** Tal como es descrito en la Subsubsección 9.2.4, esta etapa del ciclo tiene como objetivo analizar brechas y fortalezas del ciclo de mantenimiento con el fin de incentivar la mejora continua y estandarizar mejores prácticas. Entre todos los tópicos que se discuten en esta reunión, se reconocen oportunidades de mejora en toda la gestión de mantenimiento, ya sea en la ejecución de mantenimiento, o en la planificación, y se establecen compromisos para el próximo ciclo. Por lo tanto, en esta etapa, se da la oportunidad de levantar brechas asociadas a los planes de mantenimiento, pese a que no sea su foco.

Sin embargo, existe escasa integración entre la actualización de planes y estas etapas de análisis.

En cuanto a la etapa de **post mantenimiento**, esta no suele utilizarse para analizar brechas del ciclo de mantenimiento ni para proponer acciones correctivas asociadas. En particular, se recomienda fortalecer esta instancia de análisis, de manera que permita **vincular el ciclo de mantenimiento con un ciclo de mejora continua**, incorporando este enfoque como menciona SOMA.

En cuanto al **análisis de desempeño**, este se desarrolla con relativa normalidad hasta la tercera etapa. No obstante, habitualmente no se considera como apoyo el RCM del equipo, pese a que constituye una de las principales fuentes de información sobre el equipo, sus sistemas, subsistemas, componentes y modos de falla. Como consecuencia, el análisis puede volverse más complejo de lo necesario, dificultando la asignación de lo manifestado en los avisos a un modo de falla y a un componente específico del equipo. Esto se relaciona con la causa raíz analizada en la Subsección 31.2.

Asimismo, se observan algunas dificultades asociadas a la calidad de los avisos registrados, lo que puede incrementar el tiempo requerido para el análisis y afectar parcialmente la consistencia de la información. No obstante, en términos generales, el proceso de análisis logra completarse de manera adecuada.

Por contraparte, el resto de las etapas del análisis de desempeño no permiten concretan con ninguno de los objetivos de estas etapas y limitan la determinación de acciones correctivas.

Las pocas reuniones realizadas para abordar el análisis de desempeño se han centrado principalmente en la revisión del análisis efectuado, más que en avanzar hacia los objetivos de las etapas siguientes y aprovechar esta instancia para identificar brechas y proponer acciones correctivas orientadas a la mejora de los planes de mantenimiento. Pese a que los análisis realizados puedan presentar ciertas limitaciones, estas se explican en gran medida por la calidad de la información disponible en el sistema.

Esta situación evidencia una oportunidad para fortalecer la comprensión del rol de esta etapa dentro del ciclo de mejora continua de la gestión de mantenimiento. En efecto, el análisis de fallas crónicas y agudas constituye una fuente relevante de información para detectar oportunidades de mejora en los planes de mantenimiento, , y **esta información se debe concretar con oportunidades de mejora aprovechadas**.

Ambas instancias de análisis implican una dedicación significativa de tiempo y recursos por parte del personal de confiabilidad, por lo que estas **adquieren sentido en la medida en que sus resultados se traduzcan en acciones correctivas concretas**. En caso contrario, el esfuerzo invertido en el desarrollo de estos análisis no logra aprovecharse.

Se debe fortalecer estas etapas de manera que conduzcan efectivamente a la generación de acciones correctivas, reforzando además la comprensión del rol que cumplen dentro del ciclo de mejora continua de la gestión de mantenimiento. En este sentido, aun cuando los análisis puedan presentar ciertas limitaciones, esto no invalida su utilidad, por lo que deben utilizarse igualmente para identificar y aprovechar oportunidades de mejora en los planes de mantenimiento.

Como se puede evidenciar, **la falta de vinculación entre la actualización de los planes de mantenimiento y las etapas de análisis de confiabilidad se explica principalmente por limitaciones en las propias instancias de análisis, más que por una imposibilidad de integrar ambos procesos**.

Pese al impacto que podría implicar abordar este problema, profundizar en este aspecto requeriría desarrollar un nuevo análisis de causa raíz y una investigación adicional, dado que esta brecha involucra diversos factores, tales como la calidad de los avisos registrados, la disposición y comunicación efectiva del personal, el uso efectivo del análisis RCM del equipo, así como el nivel de comprensión respecto del rol de la mejora continua y de la importancia de estas etapas dentro de dicho ciclo. Esto excede el problema definido (ver Subsección 26.3) y los límites establecidos para este trabajo (ver Subsección 3.3).

Por lo tanto, en el marco de este estudio, estas etapas de análisis únicamente se considerarán como un elemento a tener en cuenta dentro del método de actualización de planes de mantenimiento. Asimismo, en las conclusiones se propondrá el desarrollo de una futura línea de investigación orientada a profundizar en este tema.

31.4. ME-6: No existe trazabilidad de las solicitudes de actualización de los planes de mantenimiento

Se busca un medio que permita almacenar las solicitudes de otras áreas, de tal manera de darle trazabilidad a las indicaciones y que esta información quede para el análisis del equipo de confiabilidad, de tal manera de recuperar y almacenar eficientemente el **criterio experto** (consultar los métodos de análisis de Fase C SOMA en la Subsubsección 9.2.3), particularmente del área de ejecución y operaciones.

Se consideran los siguientes medios:

1. Implementar un libro asociado a solicitudes de modificación de planes de mantenimiento (del tipo libro de sugerencias y reclamos).

2. Diseñar un documento de solicitud formal que permita registrar requerimientos de actualización de los planes.

3. Incorporar en la pauta un apartado destinado a registrar ideas de mejora.

4. Realizar el levantamiento de las solicitudes mediante una encuesta en línea (Microsoft Forms), utilizando un código QR en la pauta para facilitar el registro de ideas en terreno.

Luego, se evalúan en la tabla siguiente:

Tabla 31.2: Evaluación de soluciones ME-6

Criterio	**Libro**	**Documento**	**Apartado en pauta**	**Encuesta online**
Facilidad de implementación	5	4	4	3
Costo de Implementación	5	5	5	5
Tiempo de implementación	5	4	3	3
Beneficios	1	2	1	5
Puntaje	125	160	60	225

- En términos de facilidad de implementación, el libro de registro corresponde a la alternativa más simple, seguido por la creación de un documento o apartado en la pauta, mientras que la encuesta en línea requiere un mayor desarrollo.
- En relación con los costos, todas las alternativas presentan un impacto económico mínimo.
- Respecto al tiempo de implementación, el libro es la solución más rápida, seguido del documento, mientras que la encuesta en línea y la modificación de las pautas requieren más tiempo, ya que implican cambiar todas las pautas para agregar este apartado, y el propio desarrollo del sistema respectivamente.
- En cuanto a los beneficios, la encuesta en línea destaca por permitir levantar brechas desde cualquier lugar mediante dispositivos móviles y facilitar la gestión digital de la información.

Por lo tanto, se propone la creación de una llamada **plataforma de gestión de solicitudes de actualización**, que permita levantar solicitudes de actualización de planes de mantenimiento directamente en terreno mediante Microsoft Forms, facilitando así el registro sistemático de oportunidades de mejora, para luego presentarlas en un Power BI junto con la información relevante para la gestión de estos, como las familias de equipos con mayor número de solicitudes, las actualizaciones realizadas y otros indicadores que apoyen la toma de decisiones.

Posteriormente, estas solicitudes deberán ser gestionadas a través de instancias periódicas de revisión, en las cuales se evalúen y validen las solicitudes, se asignen responsables y plazos de ejecución, y se realice el correspondiente seguimiento a su implementación.

Se propone incorporar el tablero Power BI en una página dentro de la plataforma de análisis de resultados de planes de mantenimiento,

31.5. MO-5: Existen oportunidades para facilitar la tarea de actualización de los planes de mantenimiento

Se busca responder la interrogante **¿de qué manera se puede simplificar la actualización de los planes de mantenimiento?**, la cual surge al reconocer que, además de reforzar los estándares operacionales y promover su cumplimiento, es fundamental identificar oportunidades para hacer las tareas más simples y eficientes. Esto permite facilitar la adopción del proceso de transformación, promoviendo una mayor colaboración y compromiso del personal, mediante la incorporación de formas de trabajo más claras, estructuradas y de fácil aplicación.

Para facilitar la actualización de los planes de mantenimiento, resulta fundamental disponer de **material guía** que apoye al personal durante su despliegue, tanto en procesos de carga manual como de carga masiva (ver Sección 15).

En el caso de la carga masiva, realizada mediante planillas Excel con el apoyo de Soporte SAP PM, es suficiente contar con documentación que guíe en el llenado de los distintos campos. Por otro lado, la carga manual presenta mayor complejidad debido a la navegación en la plataforma, por lo que se propone complementar con material audiovisual que guíe paso a paso este proceso.

Adicionalmente, se identifican otras dos líneas de acción que permiten facilitar el proceso de actualización de los planes de mantenimiento:

- Apoyo en la gestión de los planes de mantenimiento.
- Despliegue de los planes de mantenimiento en SAP PM.

Notar que la primera opción considera distintas etapas en la gestión requerida para la actualización de los planes de mantenimiento. Se considera para la **priorización y selección** de planes de mantenimiento por actualizar según lo planteado en la causa raíz (ME-1), el **seguimiento** de estas modificaciones para la automatización de los planes y la **gestión de solicitudes de actualización**.

Por ello, se considera la creación de una plataforma, que recopile toda la información necesaria para determinar qué plan de mantenimiento es mas crítico de actualizar, para hacer seguimiento de los planes y automatizar cuando corresponda y para gestionar las solicitudes de actualización. Debido a que es la principal herramienta que se usa para automatizar análisis en la Superintendencia, se plantea el desarrollo de esta en Power BI.

La segunda opción hace referencia a el desarrollo de una transacción SAP para el despliegue de los planes de mantenimiento, de manera tal de hacer este proceso más rápido y fácil. Se consideran las siguientes alternativas:

1. Desarrollo de una plataforma en Power BI que consolide todos los datos e indicadores relevantes para apoyar la gestión en la actualización de planes de mantenimiento.
2. Desarrollo en SAP PM orientado a facilitar el uso de la plataforma, ya sea mediante la modificación de una transacción existente o la creación de una nueva.

Tabla 31.3: Evaluación de soluciones MO-5

Criterio	**Power BI**	**Desarrollo SAP PM**
Facilidad de implementación	3	4
Costo de implementación	5	2
Tiempo de implementación	3	3
Beneficios	4	2
Puntaje	180	48

- En términos de facilidad de implementación, el desarrollo de una plataforma en Power BI requiere un esfuerzo técnico relevante, aunque corresponde a un tipo de solución ya implementada previamente en la división. En cambio, una solución en SAP PM implicaría únicamente formalizar requerimientos hacia una empresa contratista para modificar o crear funcionalidades específicas.

- En relación con los costos, el desarrollo en SAP PM representa el mayor impacto económico al requerir servicios externos, mientras que la otra alternativa podría desarrollarse principalmente con recursos internos del área de confiabilidad.
- Respecto al tiempo de implementación, tanto la plataforma en Power BI como el desarrollo en SAP PM podrían completarse en un plazo estimado de algunas semanas.
- En cuanto a los beneficios esperados, la plataforma en Power BI podría generar un mayor aporte, al apoyar etapas con gran oportunidad de mejora dentro del proceso de actualización de planes, mientras que el despliegue en SAP PM corresponde a una actividad que actualmente se realiza con un nivel razonable de dominio y que además, se puede hacer de forma más simplificada con la carga masiva de estos.

Se observa que el costo asociado al desarrollo en SAP PM resulta desproporcionado en relación con el beneficio proyectado. En consecuencia, no se justifica la creación de una nueva transacción ni un levantamiento integral en SAP PM para un proceso que, en comparación con otras funcionalidades del sistema, presenta una complejidad relativamente acotada.

En virtud de lo anterior, se considera más adecuada la creación de plataformas en Power BI para apoyar la gestión en la actualización de planes de mantenimiento, que consolide la información necesaria y apoye a los analistas en:

- La priorización y selección de planes de mantenimiento por actualizar, en función de los criterios definidos por SOMA y de la los indicadores de desempeño considerados según la solución ME-1 (revisar la Subsección 31.1).
- El seguimiento de las últimas modificaciones realizadas en los planes de mantenimiento, para evaluar si mejoran los resultados de este y realizar su automatización.
- La gestión de solicitudes de actualización realizadas en otras áreas, como operaciones o ejecución de mantenimiento, o las realizadas durante otras etapas de la gestión de mantenimiento.

31.6. ME-2: No se valida el plan con otras áreas antes de desplegarse

Debido a la naturaleza de los equipos de trabajo, las distintas áreas no siempre conocen en detalle las necesidades operativas de otras, ya que no han experimentado directamente sus funciones. Este es el caso del equipo de confiabilidad, que no necesariamente maneja en profundidad los requerimientos específicos de las áreas ejecutoras.

Por esta razón, resulta necesario validar los planes de mantenimiento con dichas áreas antes de su despliegue. Sin embargo, actualmente no existen instancias formales de validación previas, lo que puede derivar en inconsistencias entre lo definido en el plan y los requerimientos reales de ejecución u operación.

Para abordar esta brecha, se propone definir formalmente una **reunión de validación de plan de mantenimiento**, una instancia que permita verificar que el plan cumpla con los requerimientos de todas las áreas involucradas y recoger oportunamente sus observaciones. Para ello, se diseñará la reunión, planteando los objetivos y temas a tratar de la reunión, con el fin de guiar y hacer más efectiva la instancia de validación. Se debe considerar en estas instancias a los **representantes de las áreas relevantes** al plan de mantenimiento, entendidas como personas que representen aquellas áreas que se verán impactadas por el cambio realizado al plan de mantenimiento. Se recomienda considerar siempre a representantes del área ejecutora.

Considerando que presentar directamente el plan en el sistema SAP PM implicaría revisar una gran cantidad de información, parte de la cual no es relevante para esta instancia, se propone además la creación de una **ficha de propuesta de plan de mantenimiento**. Este documento, de formato simple y atractivo, permitiría presentar de manera resumida los elementos clave del plan sin sacrificar la calidad de la información, y permite orientar la instancia de validación a la información realmente relevante para los representantes.

31.7. ME-4: Se siguen distintos formatos durante el despliegue de planes de mantenimiento

Para generar homogeneidad en la estructura y formato de los planes de mantenimiento, se debe unificar el formato usado en los planes de mantenimiento mediante la creación de un **Estándar de Formato de Plan de Mantenimiento**.

Una vez creado, este estándar se debe reforzar como un criterio usado para determinar si el plan de mantenimiento debe ser actualizado.

31.8. ME-3: No se ha incorporado efectivamente una metodología de actualización

Tomando en consideración los antecedentes expuestos en el análisis de soluciones, y particularmente las limitaciones percibidas en la aplicación del modelo SOMA dentro de la división (ver las respuestas en la justificación de la pregunta N°4 de la sección cualitativa en la Tabla A.1 y la Figura 24.1), surge la siguiente interrogante:

¿El modelo SOMA es suficiente para guiar la actualización de planes de mantenimiento o requiere adaptación a la realidad divisional?

En primer lugar, es importante reconocer que el modelo SOMA constituye una herramienta robusta para la gestión de mantenimiento. Este establece lineamientos claros respecto de los objetivos que debe cumplir un plan de mantenimiento, las estrategias que pueden emplearse según la criticidad de los equipos, los métodos de análisis recomendados para determinar intervenciones y los indicadores que permiten evaluar la efectividad de los planes implementados. Asimismo, define un proceso estructurado para la toma de decisiones durante el desarrollo y gestión de los planes de mantenimiento.

No obstante, durante el análisis realizado se identificaron diversas limitaciones para la aplicación directa del modelo en la División, las cuales pueden agruparse en tres categorías principales.

En primer lugar, se observan **limitaciones técnicas**. Debido al nivel de instrumentación disponible en la planta, no resulta posible medir de manera sistemática todos los indicadores propuestos por SOMA para evaluar la efectividad de los planes de mantenimiento. En este contexto, se vuelve necesario complementar dichos indicadores con otras métricas y otras herramientas que permitan evaluar el desempeño de los equipos utilizando la información efectivamente disponible en la división.

En segundo lugar, se identifican **limitaciones metodológicas**. La información presentada en la Fase C del modelo entrega lineamientos generales para la elaboración de planes de mantenimiento, pero no desarrolla en detalle ciertos aspectos operativos relevantes para su implementación práctica. Entre ellos se encuentran la formalización de las instancias de validación de los planes de mantenimiento, la automatización de los planes de mantenimiento sin pasar por un periodo de seguimiento, la forma en que se debe estructurar la propuesta de plan matriz y la manera en que esta información debe ser incorporada en los sistemas de gestión, como SAP PM. Adicionalmente, el material del modelo se encuentra distribuido en distintos estándares y flujogramas, lo que dificulta su comprensión

cuando se busca utilizarlo específicamente para la actualización de planes existentes.

En tercer lugar, se identifican **limitaciones estratégicas y organizacionales** que condicionan la forma en que el modelo puede implementarse en la práctica. Por una parte, SOMA propone el análisis de equipos de todas las criticidades. Sin embargo, considerando las definiciones estratégicas de la división y la capacidad actual del equipo de trabajo, se ha decidido **priorizar inicialmente los equipos de criticidad alta y esencial**, focalizando los esfuerzos en aquellos activos con mayor impacto en la operación. Por otra parte, el modelo contempla el despliegue de planes de mantenimiento en automático. No obstante, dada la capacidad actual del equipo y el riesgo asociado a automatizar planes que aún no han sido validados en operación, se estima necesario establecer previamente **periodos de seguimiento** y ajuste, con el fin de verificar su coherencia y desempeño antes de automatizar su ejecución. Finalmente, la aplicación sistemática del modelo requiere la existencia de **herramientas de gestión** que habiliten su implementación, tales como instancias formales de revisión, documentación estandarizada y plataformas de seguimiento que permitan analizar el desempeño de los planes de mantenimiento. Estas condiciones habilitantes no están definidas en SOMA y actualmente no se encuentran completamente formalizadas en la división, lo que dificulta su aplicación de manera sistemática en la operación cotidiana.

Considerando estas limitaciones, se concluye que, si bien SOMA entrega una base metodológica sólida, su implementación efectiva en la división requiere ser adaptada al contexto operacional y a las capacidades actuales del sistema de gestión de mantenimiento.

En este contexto, se propone el desarrollo de un **procedimiento de revisión de planes de mantenimiento**, cuyo objetivo es operacionalizar los lineamientos de SOMA dentro de la realidad divisional y facilitar la actualización sistemática de los planes existentes.

Este procedimiento debe incorporar, al menos, los siguientes elementos:

- **Formalización de instancias de selección de planes para revisión:** definir reuniones periódicas destinadas a analizar el desempeño de los planes de mantenimiento y seleccionar aquellos que requieran actualización, utilizando criterios basados en el desempeño del plan (ME-1), formato (ME-4) y otros criterios definidos para la división.
- **Formalización del método de propuesta y validación de planes:** definir el formato de la propuesta de actualización del plan de mantenimiento, así como las reuniones de validación correspondientes y las áreas que deben participar en este proceso previo a su implementación.
- **Definición de métodos de despliegue de planes de mantenimiento:** establecer los distintos mecanismos mediante los cuales los planes pueden ser implementados, considerando periodos de seguimiento del desempeño del plan para su automatización.
- **Periodo de seguimiento previo a la automatización:** Todo plan de mantenimiento nuevo o actualizado debe someterse a un período de validación controlado que permita verificar su calidad, consistencia técnica y viabilidad operativa, incorporando ajustes ante eventuales desviaciones. Se establece un seguimiento de **12 iteraciones del plan**, tras lo cual, en ausencia de observaciones relevantes, el plan se considera validado y puede incorporarse al esquema de automatización, permitiendo la generación sistemática de avisos y órdenes de trabajo y reduciendo la carga operativa de planificación.
- **Actualización del análisis RCM del equipo:** asegurar que las modificaciones realizadas en los planes se encuentren respaldadas por análisis técnicos que justifiquen las intervenciones definidas.

- **Definición del orden de actualización de la información técnica:** establecer una secuencia clara para la actualización de los elementos asociados al plan de mantenimiento, tales como el análisis RCM, las pautas de mantenimiento, las hojas de ruta y la configuración del plan y posición en el sistema.
- **Definición de responsabilidades:** establecer claramente los roles que asume cada cargo dentro del proceso de revisión y actualización de los planes de mantenimiento.
- **Flujograma:** Incorporar un flujograma de la metodología que permita visualizar de forma general el método y la relación entre sus distintas etapas.

De esta manera, el procedimiento de revisión de planes de mantenimiento se constituye como la herramienta que permite integrar las distintas soluciones propuestas a lo largo del análisis y formalizar una solución integral al problema central definido en la Sección 3 incorporando las herramientas de gestión desarrolladas y la información relevante necesaria para la actualización sistemática de los planes de mantenimiento.

Finalmente, es importante señalar que esta adaptación metodológica no constituye una desviación del modelo SOMA. Tal como ha sido discutido y validado con personal de la gerencia corporativa de mantenimiento y con la empresa auditora encargada de la evaluación de madurez SOMA, el modelo debe ser aplicado considerando las capacidades y condiciones particulares de cada división. En este sentido, la adaptación propuesta corresponde a una implementación contextualizada de sus lineamientos, orientada a facilitar su aplicación efectiva en la División.

31.9. MO-1: No se ha comunicado estratégicamente la implementación del procedimiento

No se ha orientado formalmente a los analistas de Confiabilidad respecto el proceso de cambio y la implementación del procedimiento de revisión de planes de mantenimiento, principalmente porque aún no se ha desarrollado e impulsado esta metodología.

En este contexto, una vez se esté en las últimas etapas del desarrollo de esta metodología, será necesario comunicar y orientar al equipo respecto de los cambios asociados a su implementación, abordando con claridad el propósito, la forma de aplicación y los tiempos considerados. Se debe asegurar además que el equipo de analistas tenga la oportunidad de manifestar sus dudas, y solucionar efectivamente estas. Esto permitirá facilitar su adopción y apoyar una transición ordenada hacia la aplicación sistemática de esta práctica.

31.10. MO-2: No se ha enseñado cómo seguir el procedimiento

Una vez desarrollado el procedimiento de revisión de planes de mantenimiento y comunicado estratégicamente el cambio, resulta necesario capacitar al equipo de analistas de confiabilidad en su aplicación. Tal como se indica en el *Manual de gestión de activos y mantenimiento* (ver Sección 13), el **mejoramiento continuo debe ir acompañado de capacitación continua**. Por ello, se propone implementar un plan de capacitación que aborde esta metodología, explicando sus etapas y objetivos, junto con las herramientas de apoyo del proceso, como el flujograma, el estándar de formato, las plataformas de análisis de resultados, seguimiento de modificaciones y gestión de solicitudes, la ficha de propuesta de plan y las instancias de selección y validación.

También se debe reforzar el **análisis RCM** y su utilidad para los estudios de confiabilidad, así como los principios de **mejora continua** y su relación con el modelo SOMA.

Se debe hacer la creación de **material guía** para apoyar la actualización de los planes de mantenimiento, considerando ambos métodos de carga disponibles (revisar Sección 15).

La capacitación debe incluir espacios de práctica y retroalimentación. Posteriormente, se recomienda reforzar su implementación mediante un centro de conocimiento para el equipo, la difusión visual del flujograma del método, instancias LUP y la publicación del material de apoyo en SharePoint.

31.11. MO-3: No se ha entrenado ni retroalimentado activamente sobre el procedimiento

Una vez finalizado el proceso de capacitación, se debe asegurar el seguimiento y retroalimentación respecto al desarrollo de las habilidades del equipo de confiabilidad.

En particular, se debe poner atención a cómo se incorpora la metodología en la práctica, considerando la percepción del los analistas e ingenieros, las inquietudes que puedan surgir durante su aplicación y asegurando que existan espacios donde estas puedan ser manifestadas y abordadas oportunamente.

Adicionalmente, se propone realizar una instancia formal de revisión de la metodología seis meses después de la capacitación. Esta instancia, desarrollada en conjunto con el equipo, tendrá como objetivo evaluar el grado de adopción del método, recoger dudas y observaciones, y realizar los ajustes necesarios en función de la experiencia adquirida durante su aplicación.

Para asegurar su realización, se recomienda dejar programada esta instancia el mismo día en que finalice el proceso de capacitación.

La aplicación rigurosa de este tipo de instancias de seguimiento permite fortalecer la adopción del método y avanzar en la consolidación de las capacidades del equipo.

31.12. MO-4: Se puede fortalecer las habilidades comunicativas y de liderazgo necesarias

Se considera que la Superintendencia debe orientar su estrategia de liderazgo hacia un enfoque de mejora continua aplicada prácticamente en la gestión de mantenimiento. Esto implica conducir al equipo completo de la superintendencia hacia la identificación sistemática de brechas, el análisis de causas y la implementación disciplinada de soluciones sostenibles.

De acuerdo con *Manual de gestión de activos y mantenimiento* (ver la Sección 13), la mejora continua requiere confianza mutua entre la gerencia y el personal, ya que esta permite generar un flujo libre de ideas que impulse las iniciativas de mejora. Esta confianza se construye mediante un liderazgo sólido, capaz de reforzar la convicción en los beneficios de la mejora continua, considerando que las mejoras requieren un periodo de aprendizaje antes de generar resultados.

En este contexto, el liderazgo debe comunicar de forma constante el propósito de la mejora continua y el rol de cada etapa de SOMA dentro de este proceso, con el fin de movilizar el potencial técnico y humano de la división.

Para ello, se recomienda definir las siguientes estrategias 2026 para la Superintendencia de Mantenimiento:

1. **Incorporar un enfoque de mejora continua en la gestión de mantenimiento:** Institucionalizar la identificación sistemática de brechas, su análisis conjunto y la implementación de soluciones priorizadas. Para ello, se debe asignar tiempo efectivo al personal para desarrollar mejoras que permitan reducir sobreprocesos y liberar capacidad futura, mediante automatización y estandarización. Se recomienda iniciar con brechas de menor complejidad, consolidar

la práctica de mejora continua y escalar progresivamente hacia mejoras de mayor impacto. Este proceso debe ser acompañado por formación, herramientas de apoyo y espacios formales de análisis, fortaleciendo especialmente la reunión de post mantenimiento con una orientación explícita a la mejora continua, en coherencia con SOMA.

2. **Priorizar la actualización de planes de mantenimiento de equipos de criticidad alta y esencial:** Como punto de partida para institucionalizar la mejora continua, se recomienda enfocar los esfuerzos en los planes de mantenimiento de equipos de criticidad alta y esencial, por su impacto en la operación. Esto requiere desarrollar herramientas que faciliten su análisis y actualización, junto con capacitación, acompañamiento y retroalimentación sistemática al personal responsable.

La definición de estos lineamientos permitiría alinear a las jefaturas bajo un objetivo común, otorgando coherencia estratégica a las prioridades y evitando heterogeneidades en la conducción.

Desde la perspectiva del liderazgo, y en concordancia con lo planteado por Maxwell en *Las 21 leyes irrefutables del liderazgo*, la efectividad organizacional depende directamente del nivel de liderazgo ejercido (Ley 1). En este contexto, se recomienda:

- **Desarrollar credibilidad y confianza:** las jefaturas deben trabajar en generar conexión y confianza con sus equipos de trabajo (Leyes 3 y 6), condición fundamental para que las iniciativas de mejora continua sean adoptadas como una convicción y no solo como una instrucción.
- **Fortalecer la conexión con el equipo:** promover un interés genuino por las personas y generar espacios de diálogo que favorezcan la cohesión del equipo y faciliten la conducción del cambio (Ley 10).
- **Priorizar estratégicamente:** enfocar los esfuerzos en decisiones e iniciativas que generen mayor impacto de largo plazo, evitando una gestión reactiva y privilegiando aquello que resulta más relevante para fortalecer el sistema (Leyes 15 y 17).
- **Conocer y desarrollar al equipo:** identificar fortalezas, brechas y motivaciones de cada integrante para potenciar talentos, asignar responsabilidades de forma estratégica y fortalecer el sentido de pertenencia (Leyes 12 y 20).

En definitiva, la efectividad del proceso de transformación dependerá en gran medida de la capacidad de liderazgo de sus jefaturas (Ley 1). Un liderazgo coherente y orientado a la mejora continua es clave para que las estrategias definidas se consoliden en resultados sostenibles. Este liderazgo además debe transmitir efectivamente las dos siguientes consideraciones:

31.13. ME-7: La información utilizada es mayoritariamente indirecta

Por el tipo de cargo, el equipo de confiabilidad no mantiene una vinculación permanente con el terreno, a diferencia de las áreas de operaciones y ejecución. Por esta razón, gran parte de la información que utiliza proviene de una cadena de intermediarios, lo que puede introducir sesgos o pérdida de información y dificultar la validación directa de las condiciones reales de operación.

En este contexto, dentro de los lineamientos de la iniciativa se plantea reforzar las visitas a terreno. Los líderes deben promover activamente la importancia de acudir al *GEMBA* (ver Sección 11), es decir, al lugar donde ocurren realmente las cosas, para conversar con ejecutores y operadores y conocer los problemas de primera fuente. Esta práctica debe considerarse un elemento clave dentro del modelo de actualización de los planes de mantenimiento.

31.14. MO-6: No se entienden los beneficios colectivos e individuales (incentivos)

Se debe enfatizar desde el liderazgo los beneficios que trae la implementación de metodologías de mejora continua en los planes de mantenimiento, tanto colectivos como individuales.

Dentro de los beneficios colectivos se consideran:

- **Mayor seguridad en la ejecución del trabajo:** la revisión y mejora sistemática de los planes permite identificar riesgos, incorporar controles operacionales y estandarizar prácticas seguras, especialmente si la actualización se hace a causa de un análisis de desempeño.
- **Mayor facilidad en la ejecución de las tareas:** la mejora continua permite simplificar actividades, eliminar pasos innecesarios y definir métodos de trabajo más claros y ordenados (especialmente si se aplica a las pautas de mantenimiento).
- **Mayor eficiencia operativa:** la actualizados metodológica de planes de mantenimiento permite conducir a reducir sobreprocesamientos, interferencias entre trabajos y tiempos improductivos durante la ejecución del mantenimiento.
- **Mejor planificación y coordinación del trabajo:** planes de mantenimiento más precisos y en automático permiten liberar trabajo de programación, y hacer esta más confiable, facilitando la coordinación entre áreas y la disponibilidad de recursos.
- **Mayor confiabilidad de los equipos:** la actualización sistemática permite ajustar las tareas de mantenimiento a las condiciones reales de operación, y a los requerimientos reales del equipo reduciendo fallas y detenciones no programadas.
- **Generación de aprendizaje organizacional:** la revisión continua de los planes de mantenimiento y la plataforma de gestión de solicitudes permite capturar la experiencia operacional y transformarla en conocimiento útil para todo el personal.
- **Reducción de sobrecarga operativa en el largo plazo:** al eliminar tareas innecesarias y optimizar frecuencias, se libera capacidad del personal para enfocarse en actividades de mayor valor.

Respecto a los beneficios individuales (incentivo), tal como es indicado en el *Manual de gestión de activos y mantenimiento*, debe haber un sistema de recompensas debe promover la cooperación entre equipos. Esta cooperación se necesita para tanto la generación de ideas de actualización en los planes de mantenimiento, como para la posterior actualización sistemática de los planes, más allá de que se haga debido a que cumple parte de sus labores administrativas.

Es habitual que el personal quiera que el incentivo sea una mayor paga, sin embargo, como parte de los lineamientos corporativos, EMICOB no bonifica por trabajo realizado, ya que se considera que hacer el trabajo representa parte de sus funciones, e incentiva la velocidad del trabajo por sobre la calidad, hacer lo mínimo necesario y evitar otro tipo de tareas que no estén incentivadas por dinero. Además, las bonificaciones que si se pueden considerar ya están establecidas formalmente

Por lo tanto, **el incentivo no puede ser económico, si no en base a reconocimiento**. Se recomiendan las siguientes medidas:

- Reconocimiento en diálogos de desempeño del equipo , destacando las mejoras implementadas y su impacto, visibilizándolo con breves presentaciones de “antes y después” de los planes

actualizados o mejoras implementadas para visibilizar el impacto de la mejora y la importancia de esa labor.

- Dar el carácter de "Idea de mejora del mes" o "Mejora destacada", para las oportunidades con mayor impacto durante las presentaciones.
- Crear un panel o tablero en las oficinas de la Superintendencia, que se presenten las mejoras con mayor impacto. Se deben publicar tanto las mejoras implementadas como las personas que participaron.
- Reforzar las iniciativas con comunicaciones internas vía correo, donde se destaquen las contribuciones relevantes.
- Hacer la entrega de un reconocimiento simbólico (placa, diploma o distintivo interno).

32. Consolidación de la Solución

La solución propuesta aborda el problema de manera integral, interviniendo tanto en los aspectos técnicos del proceso (Método) como en sus factores humanos (Mano de Obra). Se plantea cómo se entrelazan las soluciones indicadas en la sección anterior, en la siguiente solución final.

En primer lugar, se propone la creación de un **Procedimiento de Revisión de Planes de Mantenimiento**, entendido como un método formal y sistemático que defina claramente los criterios que determinan cuándo corresponde actualizar un plan de mantenimiento, el mecanismo de revisión, sus etapas, procesos de validación y despliegue, entre otros. Este procedimiento debe basarse en SOMA, adaptado y alineado a las necesidades específicas de la división, incorporando las consideraciones definidas en la Sección de Análisis de Soluciones. Entre ellas:

- Revisión periódica de los resultados del plan de mantenimiento, gestión de solicitudes, análisis de desempeño y post mantenimiento, con el objetivo de priorizar técnicamente y seleccionar los planes que requieren actualización.
- Definición de etapas estructuradas para la revisión individual de cada plan, en coherencia con el flujo establecido en la Fase C del SOMA (ver Figura 9.10).
- Aplicación de herramientas de análisis para la determinación de intervenciones de mantenimiento, incluyendo análisis RCM del equipo, recomendaciones del fabricante, identificación de brechas del ciclo de mantenimiento (post mantenimiento), resultados de análisis de desempeño (Fase H) y solicitudes provenientes de otras áreas..
- Incorporación de una **reunión de validación de plan de mantenimiento**, una instancia para verificar que el plan cumpla con los requerimientos de todas las áreas involucradas, presentando la propuesta de plan mediante una **ficha de propuesta de plan de mantenimiento** que sintetice las consideraciones técnicas relevantes sin sacrificar calidad de información, y permita formalizar la aprobación a través de firmas.
- Definición de mecanismos de despliegue del plan actualizado y del material guía asociado.
- Actualización paralela del análisis RCM de los equipos cuando corresponda.
- Seguimiento de las últimas modificaciones realizadas en los planes de mantenimiento y su posterior automatización.

Para facilitar la comprensión y contextualización de cada etapa en el proceso general, se debe elaborar un flujograma oficial del procedimiento.

En segundo lugar, la actualización debe sustentarse en información objetiva, como su desempeño en indicadores, o los análisis de desempeño realizados, pero también en el formato del plan, para asegurar la homogeneidad de la información en el sistema y así facilitar la gestión de la información a gran escala. Por ello, se debe crear un **Estándar de Formato de Planes de Mantenimiento**, que considere:

- Estructura que debe seguir el plan de mantenimiento y sus objetos técnicos.
- Detalle de los objetos técnicos de un plan de mantenimiento, y sus funciones.
- Mínimos elementos considerados en cada uno de los objetos técnicos de un plan de mantenimiento.
- Formato adecuado de cada uno de los elementos considerados en los objetos técnicos del plan de mantenimiento.

De esta manera, se puede determinar si un plan de mantenimiento requiere ser actualizado por aspectos de formato y, a su vez, utilizar este estándar como referencia durante la creación de nuevos planes, asegurando que estos cuenten con un nivel adecuado de completitud de información y consistencia en su formato.

Para apoyar la priorización y selección de planes de mantenimiento por actualizar en base a resultados, se plantea implementar una **plataforma de análisis de resultados de planes de mantenimiento**, mediante un tablero Power BI que consolide, procese y visualice la información relevante de manera clara y estructurada. Esta herramienta debe considerar los indicadores de desempeño definidos para la división y el cumplimiento del plan matriz, relacionando ambos en un análisis bidimensional y la fecha de última actualización de los planes, permitiendo priorizar objetivamente las intervenciones.

Además, la plataforma debe incluir una página específica para realizar el correspondiente **seguimiento de las últimas modificaciones** realizadas en el plan de mantenimiento, verificar la mejora en cuanto a resultados y evaluar la automatización del plan de mantenimiento.

Asimismo, se considera otra página para visualizar las **solicitudes de actualización** realizadas y estadísticas asociadas, permitiendo así la gestión de las iniciativas, incluyendo asignación de responsables, seguimiento y cierre formal. Estas solicitudes se deben poder realizar desde cualquier punto de la planta mediante encuestas en línea accesibles desde cualquier dispositivo móvil que tenga una cuenta EMICOB (o contratista), y en cualquier momento del día, pero se debe considerar el tipo de solicitud que puede hacer cada cargo. De este modo, se canalizan observaciones provenientes del terreno y de distintas etapas del ciclo de mantenimiento, asegurando trazabilidad y permitiendo la gestión posterior de las iniciativas.

Complementariamente, es necesario alinear el liderazgo de las jefaturas con las **Estrategias de la Superintendencia de Mantenimiento 2026**, promoviendo un entorno de confianza que favorezca la mejora continua, el flujo de ideas y la colaboración entre áreas, reforzando el valor de las personas y el rol que cumplen dentro de la organización.

Previo a la implementación, el liderazgo debe orientar al equipo de Confiabilidad respecto del proceso de transformación. Posteriormente, y en paralelo a la puesta en marcha de la metodología, se debe ejecutar un **plan de capacitación** centrado en el procedimiento de revisión de planes y en el análisis RCM bajo un enfoque de mejora continua, considerando **instancias de retroalimentación**

y seguimiento para consolidar las habilidades del equipo. Asimismo, se propone desarrollar un **material guía** que respalde la actualización de planes tanto manual como masiva.

Adicionalmente, las jefaturas deben promover como lineamiento la visita a terreno para la toma de decisiones en la creación de planes de mantenimiento. Asimismo, deben comunicar los **beneficios colectivos** del cambio —como mayor seguridad, facilidad en la ejecución de trabajos y mayor confiabilidad de los equipos— y los **beneficios individuales**, mediante incentivos de reconocimiento asociados a la generación de propuestas de mejora y a la actualización efectiva de los planes de mantenimiento.

En conjunto, la propuesta busca instalar un proceso sostenible de actualización de planes de mantenimiento, integrando método, análisis técnico, liderazgo y cultura organizacional.

Se plantea entonces en la siguiente tabla, que plantea la consideración que se tiene en la solución integral, respecto a las causas raíz encontradas.

Tabla 32.1: Causa raíz aparente y su respectiva consideración en la solución planteada

Código	Causa Raíz Aparente	Consideración en la Solución
ME-1	No están disponibles los indicadores definidos por SOMA para la mayoría de equipos	Creación de indicador *Trabajo No Planificado (%NP)* para analizar planes de mantenimiento de equipos que no se pueda medir los indicadores de desempeño definidos por SOMA
ME-2	No se valida el plan con otras áreas antes de desplegarse	Crear **reunión de validación de planes de mantenimiento** con los **representantes de áreas relevantes al plan**. Presentar las propuestas en una **ficha de propuesta de plan de mantenimiento**
ME-3	No se ha incorporado efectivamente una metodología de actualización	Se debe crear un **procedimiento de revisión de planes de mantenimiento**, una metodología basada en SOMA, pero adaptada a las necesidades de la división, y que rescate todas las demás soluciones
ME-4	Se siguen distintos formatos durante el despliegue de planes de mantenimiento	Creación de un **estándar de formato de plan de mantenimiento**. Utilizar para determinar si es necesaria la actualización, y durante el despliegue de un plan
ME-5	No se actualiza sistemáticamente el RCM de los equipos	Considerar su actualización de forma paralela a la actualización de los planes de mantenimiento
ME-6	No existe trazabilidad de las solicitudes de actualización de los planes de mantenimiento	Creación de encuestas en línea para levantar solicitudes de actualización y crear una **plataforma de gestión de solicitudes de actualización**, para apoyar la selección, definición de responsables y plazos
ME-7	La información utilizada es mayoritariamente indirecta	Considerar en las directrices de liderazgo la insistencia en ir a terreno, para comprender las necesidades reales de los equipos y las otras áreas, para considerarlas en el desarrollo del plan

Continúa en la página siguiente

Código	Causa Raíz Aparente	Consideración en la Solución
ME-8	No se vincula la actualización con otras etapas de análisis	Considerarlo dentro de la metodología desarrollada, y plantear las limitaciones de estas etapas de análisis como una problemática para una nueva investigación
MO-1	No se ha comunicado estratégicamente la metodología de actualización	Comunicación estratégica al equipo de confiabilidad durante el desarrollo de las soluciones. Aclarar el propósito de la transformación y todas las dudas que tengan
MO-2	No se enseña cómo realizar la actualización sistemática de planes de mantenimiento	Realizar un **plan de capacitación** al equipo de confiabilidad, que considere el procedimiento de revisión de planes de mantenimiento, todas las herramientas consideradas, y otros tópicos relevantes como RCM y mejora continua
MO-3	No se entrena ni se retroalimenta activamente sobre la metodología de actualización sistemática	Seguimiento de habilidades y retroalimentación al equipo de manera posterior a las jornadas de capacitación para fortalecer la adopción del método
MO-4	Se puede fortalecer las habilidades comunicativas y de liderazgo necesarias	Alinear liderazgo con **estrategias de la Superintendencia de Mantenimiento 2026**, con foco en la implementación efectiva de la mejora continua y de la actualización sistemática a los planes de mantenimiento
MO-5	Existen oportunidades para facilitar la tarea de actualización de los planes de mantenimiento	Creación de una **plataforma de análisis de resultados de plan de mantenimiento** en Power BI, que contenga toda la información necesaria para priorizar y seleccionar planes de mantenimiento a actualizar
MO-6	No se entienden los beneficios colectivos e individuales (incentivos)	Considerar en las directrices del liderazgo la transmisión de los beneficios colectivos de este cambio. Incentivos de reconocimiento para el beneficio individual

Se procede a desarrollar el procedimiento completo propuesto, que engloba todas las herramientas y consideraciones mencionadas, y posteriormente se desarrolla cada una de estas en detalle.

32.1. Procedimiento de Revisión de Planes de Mantenimiento

Introducción

La mejora continua constituye un pilar fundamental del Sistema Operativo de Mantenimiento (SOMA), documento que establece la forma en que se gestiona el mantenimiento en todas las divisiones de EMICOB. En este contexto, la política N°2 establece la necesidad de *"actualizar estrategias y planes de mantenimiento continuamente con foco en mejoras de productividad"*, mientras que la política N°4 indica que los planes de mantenimiento deben ejecutarse con efectividad y eficiencia en el uso de los recursos.

Adicionalmente, la política N°3 del Sistema de Gestión C+ reconoce la mejora continua como un elemento esencial del sistema. De igual forma, la etapa de post mantenimiento tiene como propósito analizar oportunidades, brechas y fortalezas del ciclo de mantenimiento para incentivar la mejora continua y estandarizar mejores prácticas.

En conjunto, estos lineamientos posicionan a la mejora continua, y particularmente a la actualización sistemática de los planes de mantenimiento, como un elemento central de la gestión de mantenimiento promovida por SOMA.

Objetivo

Este procedimiento tiene como objetivo establecer una guía clara y estructurada para la revisión sistemática de los planes de mantenimiento, permitiendo identificar qué planes deben ser revisados, cuáles requieren actualización y bajo qué criterios debe tomarse dicha decisión. Asimismo, orienta la determinación de las intervenciones necesarias en los planes de mantenimiento, el desarrollo de las propuestas correspondientes y su despliegue formal en la plataforma SAP PM. Todo ello con el propósito de optimizar la gestión de activos, guiando la mejora continua de los planes de mantenimiento y contribuyendo al aumento del coeficiente de marcha, la reducción de costos, la accidentabilidad cero y la sustentabilidad ambiental.

Definiciones

En primera instancia, debe definir que un plan de mantenimiento debe **evitar** que:

- Existan situaciones que afecten la seguridad de las personas.
- Se produzca contaminación ambiental por material particulado y/o derrame de productos químicos.
- Haya impacto en las comunidades y reputación de la Corporación.

Además, debe **permitir** que:

- No ocurra una falla catastrófica, entendida como el colapso repentino y total de un sistema, máquina o estructura, provocando su inoperabilidad inmediata.
- Exista una correcta preservación de los activos en estado de almacenamiento.
- No existan hallazgos graves ni recurrentes durante la ejecución del mantenimiento.
- Se cumplan las metas de desempeño definidas.
- No existan solicitudes de actualización en otras áreas o etapas de la gestión de mantenimiento.

Proceso general

Este procedimiento considera la revisión planes de mantenimiento para equipos de criticidad Alta y Esenciales. Se considera un trabajo por periodos de frecuencia mensual. Esta consta de una serie de etapas, que constituyen el siguiente proceso general, que representan las acciones que se realizan en cada plan de mantenimiento:

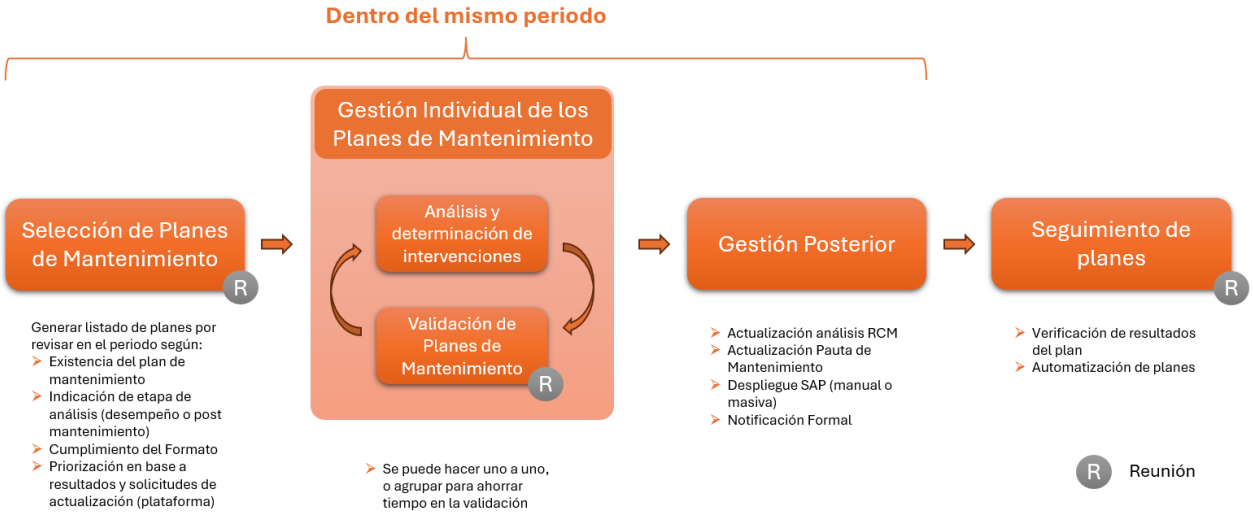


Figura 32.1: Proceso general de revisión de planes de mantenimiento
Fuente: Elaboración propia

Dentro del periodo, se considera la selección de los planes de mantenimiento a revisar, luego se hace gestión individual de cada uno para determinar las intervenciones y validarlas con las otras áreas, y finalmente la gestión final para desplegar, notificar y dar orden documental. Además, considera el seguimiento de los planes actualizados en los periodos siguientes.

32.1.1. Selección de Planes de Mantenimiento

Para dar inicio al proceso, se deben seleccionan los planes de mantenimiento que se revisarán durante el periodo. Esto se debe realizar en una reunión con el equipo de Confiabilidad, que culmina con la **generación de un listado de planes de mantenimiento por revisar** y validar en el periodo.

Reunión: Selección de Planes de Mantenimiento

Periodicidad: Mensual

Líder/organizador/quién convoca: Confiabilidad

PARTICIPANTES	AGENDA Y DURACIÓN APROXIMADA
➢ Ingeniero de Confiabilidad. ➢ Analistas de Confiabilidad.	1. Presentación, foco de la reunión y asistencia. 2. Revisar equipos sin planes de mantenimiento. 3. Revisar indicaciones directas de actualización de Análisis de Desempeño y Post Mantenimiento. 4. Revisar planes de Mantenimiento con incumplimiento de **estándar de formato de plan de mantenimiento**. 5. Priorización y Selección de planes de mantenimiento en base a resultados y solicitudes de actualización en plataforma. 6. Determinar qué planes de mantenimiento se deben validar. 7. Cierre formal ➢ **Duración estimada:** 30 minutos.
OBJETIVOS Y/O TEMAS A TRATAR	***INPUTS* (ELEMENTOS NECESARIOS Y RESPONSABLES)**
➢ Determinación de planes de mantenimiento por revisar en el periodo. ➢ Seleccionar qué planes de mantenimiento se deben validar ➢ Gestionar solicitudes de actualización	➢ Plataforma de análisis de resultados de plan de mantenimiento y gestión de solicitudes de actualización. ➢ Últimos análisis de desempeño y post mantenimiento. ➢ Tabla de familias focalizadas (si aplica).
REGLAS DE LA REUNIÓN	***OUTPUTS* (ENTREGABLES/RESULTADOS)**
➢ Puntualidad para el inicio de la reunión. ➢ Pedir la palabra para hablar. ➢ Mantener una única conversación, evitar conversaciones paralelas. ➢ Llegar preparado a la reunión. ➢ No usar celular ni computador. Salir de la sala de ser necesario.	➢ Listado de planes de mantenimiento por revisar en el periodo, indicar cuales deben ser validados.

Figura 32.2: Reunión de selección de planes de Mantenimiento
Fuente: Elaboración propia

En detalle, esta etapa considera los siguientes pasos:

1. **¿El Equipo cuenta con Plan Matriz Cargado en SAP PM?:**
   Se debe revisar en plataforma SAP PM si el equipo cuenta con un plan matriz activo. Si se determina que no, entonces se debe crear un plan de mantenimiento, e incluirlo en el listado. Si se determina que sí, entonces se sigue a la siguiente etapa.

2. **¿El Plan de Mantenimiento debe actualizarse según indicación directa de Análisis de Desempeño o análisis de Post Mantenimiento?:**
   Se debe identificar si es que en algún análisis de Desempeño o en la detección de brechas de la etapa de Post Mantenimiento se indica que se debe realizar la actualización de un plan de mantenimiento. Si se determina que si, entonces se debe actualizar ese plan de mantenimiento, e incluirlo en el listado. Si se determina que no, entonces se sigue a la siguiente etapa.

3. **¿El Plan de Mantenimiento Cumple el Estándar de Formato de Plan de Mantenimiento?:**
   Se debe determinar si el plan de mantenimiento cumple el **Estándar de Formato de Plan de Mantenimiento**, y verificar que el plan revisado cumpla con las indicaciones de este estándar en su totalidad. Se recomienda usar las siguientes transacciones SAP PM para la revisión del formato:

   - Hojas de Ruta: Usar la transacción IA09 (Visualizar hojas de ruta) para visualizar todas las Hojas de Ruta asociadas a una Ubicación Técnica. Conservar el número del Grupo de Hoja de Ruta que se desee revisar. Luego, usar la transacción IA07 (Visualizar instrucción) para visualizar el detalle de cada una de las Hojas de Ruta encontradas. Se debe ingresar el número asociado al grupo por revisar.

- Planes de Mantenimiento y Posición: Usar la transacción IP18 (Visualizar posición de mantenimiento) para visualizar tanto los Planes de Mantenimiento como Posiciones asociadas a una Ubicación Técnica.

Si se determina que no cumple el *Estándar de Formato de Plan de Mantenimiento*, entonces se debe actualizar el plan de mantenimiento. Si se determina que sí, entonces se debe pasar a la siguiente etapa.

4. **Priorización y Selección en base a resultados y solicitudes de actualización en plataforma:**
   Se debe consultar la **Plataforma de análisis de resultados de plan de mantenimiento** y la **Plataforma de Gestión de Solicitudes de Actualización** para analizar los resultados que han tenido los planes de mantenimiento en los equipos y las solicitudes realizadas. Se debe considerar en este análisis:

   - Desempeño del Plan de Mantenimiento: Usar Disponibilidad de ser posible. Si no es el caso, utilizar el indicador *% Trabajo No Planificado(%NP).*
   - Cumplimiento del Plan Matriz.
   - Relación entre ambos indicadores: Utilizar el diagrama de calor para relacionar ambos indicadores.
   - Solicitudes de actualización de otras áreas: Se debe revisar las solicitudes realizadas por otras áreas y considerar en la selección contrastando con los resultados.
   - Última actualización del plan: Considerar que los planes de mantenimiento deben actualizarse mínimo una vez al año.

En base a este análisis, se debe generar el listado de planes de mantenimiento por revisar en el periodo. Considerar incluir las propuestas no validadas del periodo pasado, y planes de mantenimiento ya actualizados que durante el seguimiento de estos se determina que no cumplen con los resultados.

Además, se debe discutir con el Ingeniero de Confiabilidad los planes de mantenimiento seleccionados que deben ser validados (mayor información en Validación de los Planes de Mantenimiento)

Considerar concatenar esta reunión con la reunión de seguimiento de planes de mantenimiento (revisar la Subsubsección 32.1.5).

Familias focalizadas

Si son muchos los planes de mantenimiento que entran en la categoría de ser actualizados, se recomienda agrupar por familias de planes de mantenimiento y poner foco en ellas para ciertos periodos, de manera tal de abordar el problema en orden.

Se presenta como ejemplo, la siguiente tabla, que representa las familias focalizadas en el proceso de actualización para este año 2026:

Tabla 32.2: Familias focalizadas en la revisión de planes 2026

Fecha Revisión	**Familias**	**Criticidad**	**Cant. Planes**
Enero	Grúa	Esencial	13
Febrero	Grúa	Esencial	13
Marzo	Tecle y Rectificador	Esencial y Alta	13,5
Abril	Tecle y Rectificador	Esencial y Alta	13,5
Mayo	Normativo, Supresión, PTHV, Pozos	Esencial y Alta	12
Junio	Ruedas Moldeo, Generador	Alta	3
Julio	Horno Refino, Ductos, Salas	Alta	7
Agosto	Máquina	Alta	8
Septiembre	Alta tensión, Calderas, Filtro Armónico, PTPRRC	Alta	12,5
Octubre	Alta tensión, Calderas, Filtro Armónico, PTPRRC	Alta	12,5
Noviembre	Bombas	Alta	14
Diciembre	Básculas	Esencial	15

Para la selección de las familias, se recomienda seguir criterios similares a los considerados para la elaboración de este ejemplo:

- No se consideran las familias de control de incendio y redes húmedas, ya que debido a que estas las evalúa el área de protección industrial, y no mantenimiento. Tampoco se considera la familia de infraestructura, ya que esta familia tiene solo planes anuales, y que ya están ordenados para todo el año.
- Se libera junio y julio que son los meses de mayor carga laboral para el equipo de Confiabilidad, debido a mantención mayor de MPA (Máquina Preparadora de Ánodos).
- Los planes de mantenimiento más complejos de revisar son los de las familias de grúa, tecle y máquina. Es por esto, que se trató de no agrupar estas familias.
- No se agrupan entre si las familias de salas, rectificadores y alta tensión, ya que son las únicas familias que requieren únicamente especialidad electrico-instrumental, deben agruparse junto con otra familia para dispersar la carga laboral entre los analistas.

32.1.2. Análisis y Determinación de Intervenciones

Esta etapa, considera distintos pasos, tanto para la creación de un plan de mantenimiento, como para la actualización de uno:

Creación de un Plan de Mantenimiento

Para la creación de un plan de mantenimiento, se consideran los siguientes pasos en el análisis y determinación de intervenciones:

1. **Análisis para la Creación de un Plan de Mantenimiento:**
   Se determina las intervenciones necesarias a realizar en el equipo para satisfacer sus requerimientos reales, junto con la estrategia de mantenimiento que lo permite. Para ello, se debe seguir el método de análisis determinado por el Ingeniero de Confiabilidad. De acuerdo con

el modelo SOMA, se dispone de distintos métodos de análisis, los cuales se diferencian por su foco y nivel de profundidad; estos se encuentran a continuación ordenados según dicho nivel de profundidad, sin perjuicio de que todos permiten determinar las intervenciones requeridas para asegurar un mantenimiento adecuado.

- RCM: Mantenimiento Basado en Confiabilidad. En general, **la aplicación de este método debe direccionarse sólo para situaciones complejas que lo requieran, ya que el costo de implementación en HH es muy alto.**
- RCM Agilizado: Conocido también como análisis de efectos y modos de falla (FMEA) o análisis de criticidad, efectos y modos de falla (FMECA).

Durante este análisis se debe considerar incorporar a personal experto de distintas áreas, conformando un **equipo multidisciplinario** integrado por ingenieros, analistas, personal de operaciones y ejecutores de mantenimiento, entre otros. Esto permite agilizar o no necesitar realizar el proceso de validación, desarrollar una propuesta que considere las necesidades de todas las áreas involucradas y que incorpore distintas perspectivas, tanto aguas arriba como aguas abajo del proceso de mantenimiento y operación.

2. **Determinar Estrategia de Mantenimiento e Intervenciones:**
   En base a este análisis, se debe determinar la **estrategia de mantenimiento** que permite satisfacer estas necesidades. Se deben considerar las siguientes:

ESTRATEGIA	DEFINICIÓN	CONSIDERACIONES - CARACTERÍSTICAS
MANTENIMIENTO PREVENTIVO	Estrategia que interviene el equipo periódicamente para inspeccionar y reemplazar componentes, aún cuando el equipo esté operando satisfactoriamente.	**Mantenimiento basado en el tiempo (MBT):** los cambios se realizan en un intervalo de tiempo predeterminado, usualmente llamada estrategia calendario en SAP, formalizado en días, semanas, quincenas, meses o años, independiente del estado del componente o función a reemplazar. Ejemplo: · Cambio de gualderas en correa transportadora.
		Mantenimiento basado en uso (MBU): los cambios se realizan en un intervalo de uso predeterminado, llamada de estrategia basada en contadores en SAP, formalizado en horas de operación, ciclos, toneladas pasadas, entre otros, independiente del estado del componente o función a reemplazar. Ejemplo: · Cambio de *Wet end* en bombas
		Inspecciones: rutina de inspección visual de activos o componentes para evaluar si es necesario la intervención de mantenimiento para corregir anomalías detectadas. Todos los hallazgos deben ser canalizados por avisos/OT en SAP. Ejemplo: · Plan semanal de inspección visual en correas transportadoras, identificando derrames de mineral, desalineamientos, acumulación de carga, entre otros.
MANTENIMIENTO PREDICTIVO	Estrategia de mantenimiento que busca anticiparse a la ocurrencia de las fallas a través del seguimiento de un síntoma o falla potencial y/o modelos de predicción estadísticos de analítica avanzada	**Mantenimiento basado en condición (MBC):** estrategia que mediante diversas tecnologías evalúa la condición física y su evolución, detectando síntomas que determinen la necesidad del mantenimiento. Ejemplo: · Medición de vibraciones en rodamientos de poleas.
		Analítica avanzada: estrategia basada en algorítmos de *Machine Learning* o *Deep Learning* para analizar grandes volúmenes de información, con el objetivo de descubrir patrones y predecir eventos de falla. Ejemplo: · Redes neuronales para la predicción de falla en polines.
MANTENIMIENTO REACTIVO	Esta es una estrategia de mantenimiento donde se permite que ocurra un modo de falla específico sin ningún intento de anticiparlo o prevenirlo (a la falla).	**A la falla:** se considera una estrategia reactiva en la cual la pérdida de una función primaria o secundaria no genera mayor impacto operacional o de riesgo a las personas, medioambiente y comunidad. Esta función puede ser reemplazada y/o reparada mediante un mantenimiento reactivo/correctivo o ingresarlo a la planificación si cumple con los horizontes preestablecidos.

Figura 32.3: Estrategias de Mantenimiento según SOMA
Fuente: *Sistema Operativo de Mantenimiento (SOMA)*

Estas están directamente relacionadas con la criticidad del activo. En la siguiente tabla se indica los tipos de estrategia que se pueden utilizar según este parámetro:

PLAN DE MANTENIMIENTO	CRITICIDAD ALTA	CRITICIDAD MEDIA	CRITICIDAD BAJA
Activos y en automático (SAP)	Siempre	Siempre	Siempre
Mantenimiento preventivo (MBT o MBU)	Siempre	Siempre	Según sea el caso
Mantenimiento predictivo (MBC)	Siempre	Siempre	Según sea el caso
Mantenimiento reactivo	Nunca	Nunca	Según sea el caso

Figura 32.4: Estrategia de Mantenimiento según Criticidad
Fuente: *Sistema Operativo de Mantenimiento (SOMA)*

Además, el análisis permite determinar las **intervenciones** por realizar, las cuales serán consideradas posteriormente en su despliegue en SAP PM (Más información de RCM en página 186 SOMA).

Actualización de un Plan de Mantenimiento

Para la actualización de un plan de mantenimiento, se consideran los siguientes pasos en el análisis y determinación de intervenciones:

1. **Análisis para la Actualización de un Plan de Mantenimiento:**
   Se consideran los siguientes métodos de análisis para determinar las necesidades del equipo:

   - RCM: Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (tradicional o Agilizado).
   - PMO: Optimización de mantenimiento preventivo.
   - Análisis de los modos de falla (diagramas de pareto, jacknife, etc.)
   - Analizar brechas en el Ciclo de mantenimiento (post mantenimiento).
   - Historial del equipo.
   - Recomendación del fabricante OEM.
   - Experiencia del personal de Mantenimiento y Operaciones (Criterio experto).

   Considerar que no se debe volver a hacer el análisis RCM, si no que trabajar con este análisis actualizado para guiar la actualización de las actividades correctivas.

   Este análisis idealmente debe realizarse con un **equipo multidisciplinario**, considerando los analistas de confiabilidad de las especialidades correspondientes, personal de operaciones y ejecutores de mantenimiento, entre otros. Esto permite desarrollar una propuesta que considere las necesidades de todas las áreas involucradas y que incorpore distintas perspectivas, tanto aguas arriba como aguas abajo del proceso de mantenimiento y operación.

2. **Determinar cambios necesarios en las Intervenciones:**
   Se debe considerar que, en la mayoría de los casos se suele cambiar variables de asignación de recursos, tales como:

   - Frecuencia
   - Horas Hombre

- Dotación

Pero dependiendo de las desviaciones en el desempeño del plan, de la gravedad de los hallazgos o brechas encontradas, se puede considerar incluso cambiar:

- Estrategia de Mantenimiento: Se puede considerar cambiar la estrategia de mantenimiento según lo permitido por la criticidad del activo según la Figura 32.4.
- Criticidad del equipo: Si hay cambios en el contexto operacional que afectan directamente en la seguridad, medioambiente, producción y costos de mantenimiento, entonces debe considerarse la actualización de la criticidad del activo analizado (Volver a Fase B SOMA).

32.1.3. Validación de los Planes de Mantenimiento

El proceso de validación del plan de mantenimiento es realizado por otras áreas relevantes a la gestión de mantenimiento. Se definen los siguientes **objetivos del proceso de validación**:

- **Difundir** y dar constancia formal a las áreas relacionadas al plan de los cambios realizados, recibir observaciones y solicitudes de modificación para adaptar a sus necesidades.
- **Respaldar** al área de Confiabilidad mediante una validación transversal, reduciendo el riesgo de malentendidos o cuestionamientos posteriores.

Consta de los siguientes pasos:

1. **¿Ingeniero de Confiabilidad Solicita o Autoriza Validación del Plan?:**
   Esta etapa debe ser realizada únicamente cuando se trate de la creación de un plan de mantenimiento, o cuando se trate de una actualización y haya sido **solicitado o autorizado por el Ingeniero de Confiabilidad**, ya que pese a garantizar buen flujo de información, vuelve el proceso más burocrático. El Ingeniero de Confiabilidad debe considerar para esta decisión la complejidad del plan de mantenimiento y el nivel de repercusión que tiene en otras áreas de trabajo. En caso de creerlo necesario, analistas pueden solicitar al Ingeniero de Confiabilidad realizar esta etapa, y si es aprobado por él, puede realizarse.
2. **Definir los Representantes de Áreas Relevantes al Plan:**
   Se definen para cada plan de mantenimiento que se quiera validar, los **representantes de las áreas relevantes al plan**, entendidas como personas que representen aquellas áreas que se verán impactadas por el cambio realizado al plan de mantenimiento. Según la naturaleza de la intervención, pueden considerarse áreas como Planificación, Ejecución, Operaciones, Suministros u otras. Se recomienda siempre considerar a los Jefes de Terreno de las áreas ejecutoras involucradas. La selección se realiza caso a caso, definiendo tanto las áreas como las personas a involucrar en función de su relación con el plan y de su capacidad para aportar conocimiento e influencia relevantes, incorporando únicamente a quienes agreguen valor al proceso.
3. **Desarrollar Ficha de Propuesta de Plan de Mantenimiento:**
   Considerando la estrategia de mantenimiento del activo, el análisis y las intervenciones determinadas, se debe elaborar la **Ficha de Propuesta de Plan de Mantenimiento**, un documento que se llena con la información más relevante del plan de mantenimiento, y permite la presentación eficiente y efectiva de él (mayor detalle en la Subsección 32.3).

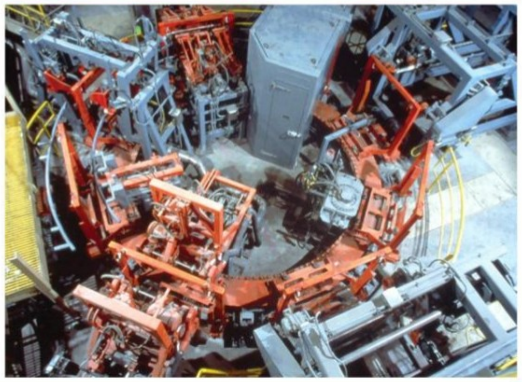
EMICOB **FICHA DE PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO**

1 Datos Generales

Equipo **Máquina Preparadora de Ánodos**

Ubicación Técnica:	**FVFR-PM-PIN-SPA-MPA01**	**Criticidad:**	**A**
Código de Ficha:	**EST-PAS-003**	**Tipo Intervención:**	**MRT**
Fecha Creación:	**28-01-2026**	**Versión:**	**1.0**

2 Diagrama / Esquema / Imagen



3 Resumen Ejecutivo

Este máquina opera de forma permanente, sin equipo stand-by, monitoreada de forma online a cargo de ATECMA.
Tras 12 meses de operación se debe realizar cambio de bomba de circuito hidráulico, junto con el aceite lubricante. Además, se realizará mantenimiento eléctrico a la botonera local, circuito control y CCM. Los equipos reemplazados se reacondicionarán en taller según condición. Cada 6 meses se realizará lubricación a los porta rodamientos con el equipo detenido, mantenimiento eléctrico a los motores, botonera y circuito de fuerza y control. Con una frecuencia mensual (4S) se realizará inspección mecánica de partes móviles y con frecuencia semanal (1S) Moncon realizará 2 rutas para el monitoreo de vibraciones y temperatura de las bombas de la máquina.

4 Estrategia de Mantenimiento

FREC.	ALCANCE	Responsable	Pto.tbjo.resp	Duración	Pto EJECUTOR	Dotación	DESCRIPCIÓN	Pauta de Mantenimiento
1S	Inspección	Moncon	DVERERMM	1	DVERERMM	2	Monitoreo vibraciones y temperatura	MRT 1S Monc INSP Bombas MPA
4S	Inspección	Mecánico		2	DVEMPM27	2	Inspección rutinaria de partes móviles	MRT 4S Mec INSP Partes Móviles
6M	Mantenimiento	Eléctrico		3	DVEMPM31	4	Mantenimiento motores, botonera y circuitos.	MRT 6M Ele Mtto Motores, botonera, circuitos
6M	Cambio	Lubricación		1	DVEMXL21	1	Cambio lubricante a porta rodamientos	MRT 6M Lub Mtto Rodamientos
12M	Cambio	Lubricación		4	DVEMXL21	3	Cambio de lubricante del circuito	MRT 12M Lub Circuito hidráulico
12M	Cambio	Mecánico		6	DVEMPM27	4	Cambio de bombas de circuito	MRT 12M Mec Bombas circuito
12M	Mantenimiento	Eléctrico		6	DVEMPM31	4	Mantenimiento a botonera local, circuito control y CCM. Reacondicionamiento según condición.	MRT 12M Ele Botonera circuito y CCM

5 Estrategia de Programación

Especialidad	1S	2S	4S	8S
MEC		X		0
LUB			X	
MON	X			
ELE			X	0

Especialidad	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12
MEC		X		X		X		0		X		X
LUB				X				X				X
MON	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ELE				X				0				X

6 Notas

Nota 1: Esta estrategia requiere que cada bomba y motor tenga un repuesto en taller eléctrico para realizar el cambio y mantenimiento
Nota 2: La programación de mantenimiento eléctrico con frecuencia de 6M queda sujeta a evaluación por un periodo de 1 año.
Nota 3: La inspección de vibración y temperatura con frecuencia semanal debe ser realizada por 2 rutas por calles de refinería.

7 Firmas

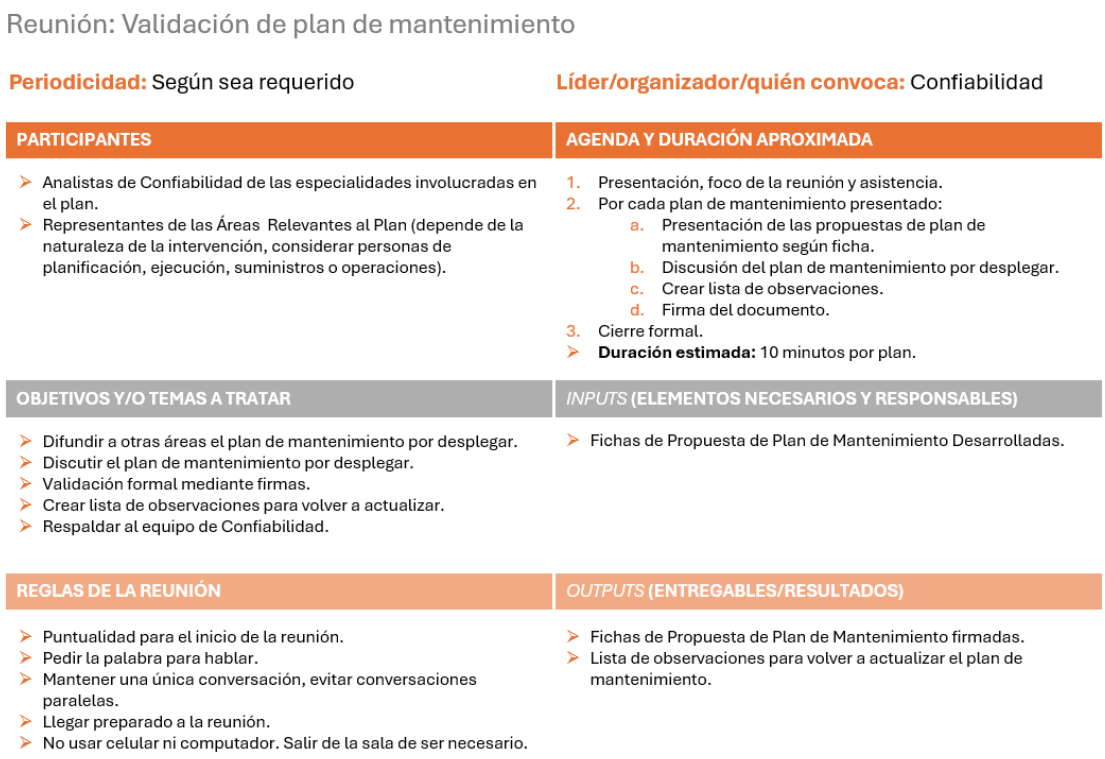
Nombre de Analista Analista Confiabilidad 1	Nombre de Analista Analista Confiabilidad 2	Nombre de Analista Analista Confiabilidad 3	Nombre de Analista Analista Confiabilidad 4	Nombre de Analista Analista Confiabilidad 5
Nombre del Representante Cargo del Representante 1	Nombre del Representante Cargo del Representante 2	Nombre del Representante Cargo del Representante 3	Nombre del Representante Cargo del Representante 4	Nombre del Representante Cargo del Representante 5

Al firmar, usted declara que la propuesta fue revisada y validada, que esta propuesta cumple con los requerimientos de su área, que un plan de mantenimiento con estas características satisface las necesidades reales del equipo en su contexto operacional y que esta actualización / creación de este plan considera todos los cambios necesarios para que el equipo alcance los resultados productivos esperados.

Figura 32.5: Ejemplo Ficha de Propuesta de Plan de Mantenimiento
Fuente: Elaboración propia

En esta ficha se deben detallar, de manera transparente, todos los cambios realizados al plan, de modo que los representantes de cada área puedan firmar el documento dentro de un plazo por definir, declarando que la creación o actualización del plan permite satisfacer las necesidades reales del equipo y cumple con los estándares de resultados y formato establecidos.

4. **Reuniones con los representantes:** Posteriormente, se agenda una reunión con los representantes definidos, en la cual se presenta de forma breve y ejecutiva las distintas fichas de propuesta de plan de mantenimiento creadas durante el periodo, mostrando los documentos en pantalla y contando además con copias impresas (se recomienda exportar archivo como PDF, seleccionar 2 páginas por hoja y luego imprimir).



Reunión: Validación de plan de mantenimiento

Periodicidad: Según sea requerido

Líder/organizador/quién convoca: Confiabilidad

PARTICIPANTES

- Analistas de Confiabilidad de las especialidades involucradas en el plan.
- Representantes de las Áreas Relevantes al Plan (depende de la naturaleza de la intervención, considerar personas de planificación, ejecución, suministros o operaciones).

AGENDA Y DURACIÓN APROXIMADA

1. Presentación, foco de la reunión y asistencia.
2. Por cada plan de mantenimiento presentado:
   a. Presentación de las propuestas de plan de mantenimiento según ficha.
   b. Discusión del plan de mantenimiento por desplegar.
   c. Crear lista de observaciones.
   d. Firma del documento.
3. Cierre formal.

- **Duración estimada:** 10 minutos por plan.

OBJETIVOS Y/O TEMAS A TRATAR

- Difundir a otras áreas el plan de mantenimiento por desplegar.
- Discutir el plan de mantenimiento por desplegar.
- Validación formal mediante firmas.
- Crear lista de observaciones para volver a actualizar.
- Respaldar al equipo de Confiabilidad.

***INPUTS* (ELEMENTOS NECESARIOS Y RESPONSABLES)**

- Fichas de Propuesta de Plan de Mantenimiento Desarrolladas.

REGLAS DE LA REUNIÓN

- Puntualidad para el inicio de la reunión.
- Pedir la palabra para hablar.
- Mantener una única conversación, evitar conversaciones paralelas.
- Llegar preparado a la reunión.
- No usar celular ni computador. Salir de la sala de ser necesario.

***OUTPUTS* (ENTREGABLES/RESULTADOS)**

- Fichas de Propuesta de Plan de Mantenimiento firmadas.
- Lista de observaciones para volver a actualizar el plan de mantenimiento.

Figura 32.6: Reunión de validación de planes de mantenimiento
Fuente: Elaboración propia

Para estas reuniones se recomienda agrupar la mayor cantidad posible de propuestas. No obstante, deben realizarse instancias separadas por área o especialidad, con el fin de optimizar y respetar el tiempo de los distintos equipos. Asimismo, estas reuniones deben ser de carácter ejecutivo, procurando que sean breves y realizando únicamente la cantidad necesaria de ellas.

5. **Firma de Propuesta de Plan de Mantenimiento u Observaciones** Finalmente, se invita a los representantes a firmar la Propuesta de Plan de Mantenimiento. Con su firma, declaran que la propuesta fue revisada y validada, que cumple con los requerimientos de su área y que el plan satisface las necesidades reales del equipo en su contexto operacional, considerando lo necesario para alcanzar los resultados productivos esperados. Los participantes tienen la libertad de firmar o no el documento, en caso de tener observaciones. Idealmente, estas se

deben acoger y hacer las modificaciones inmediatamente, modificando la propuesta y **en caso de observaciones mayores, el plan debe ser revisado nuevamente en el próximo periodo**. Esta instancia fomenta la participación transversal y el sentido de pertenencia del área de confiabilidad con las áreas involucradas, fortaleciendo la validación y despliegue de los planes de mantenimiento.

Al fin del periodo de validación, se debe tener una **lista de observaciones mayores** realizadas durante este proceso, para considerarlas en la actualización del próximo periodo.

32.1.4. Gestión Posterior

En esta etapa se consideran todas las actividades que deben ser realizadas al final del periodo de revisión. Se debe hacer cada una de las siguientes, y se recomienda realizarlas en el siguiente orden de trabajo, de manera de trabajar de manera ordenada y agilizar tiempo.

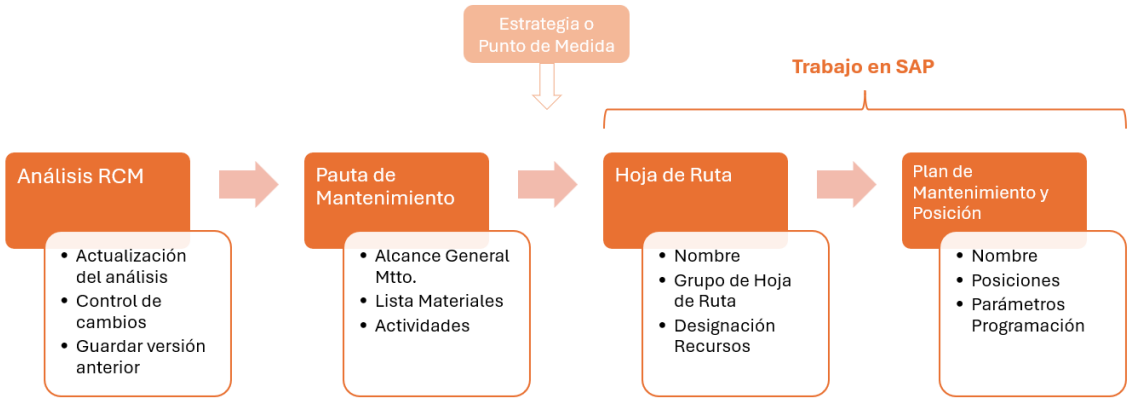


Figura 32.7: Orden gestión posterior
Fuente: Elaboración propia

1. **Actualización RCM:** Se debe actualizar el análisis RCM de los equipos, de manera tal que incorpore todos los cambios considerados en la propuesta de plan de mantenimiento, y permita guiar el próximo proceso de revisión, con las necesidades actualizadas del equipo.

   Se debe dejar registro de la actualización en el control de cambios, y guardar las versiones anteriores del análisis, de manera que permita llevar un historial de las necesidades del equipo.

2. **Creación o actualización de pautas de mantenimiento:** Se deben crear o actualizar las pautas de mantenimiento según el análisis realizado, y exportar en formato PDF

3. **Despliegue SAP PM:** Se despliegan los planes de mantenimiento validados del período, así como aquellos que no requirieron validación. El proceso debe guiarse por el **Material guía** y respetar el **Estándar de Formato de Plan de Mantenimiento**. Se consideran dos métodos de carga: manual y masiva, recomendándose esta última cuando se deban desplegar más de tres planes de mantenimiento.

4. **Notificación Formal:** Al finalizar el período de revisión, se debe notificar formalmente a los Ingenieros de la Superintendencia de Mantenimiento, mediante correo electrónico, las decisiones adoptadas para cada plan revisado. La comunicación debe indicar los planes seleccionados y

efectivamente actualizados, junto con las validaciones y observaciones realizadas, de modo que puedan ser consideradas en el período siguiente.

32.1.5. Seguimiento de Planes

Para dar fin al procedimiento de revisión de planes de mantenimiento, se considera el seguimiento de los planes de mantenimiento, para su posterior automatización. Esto se debe hacer en la siguiente reunión:

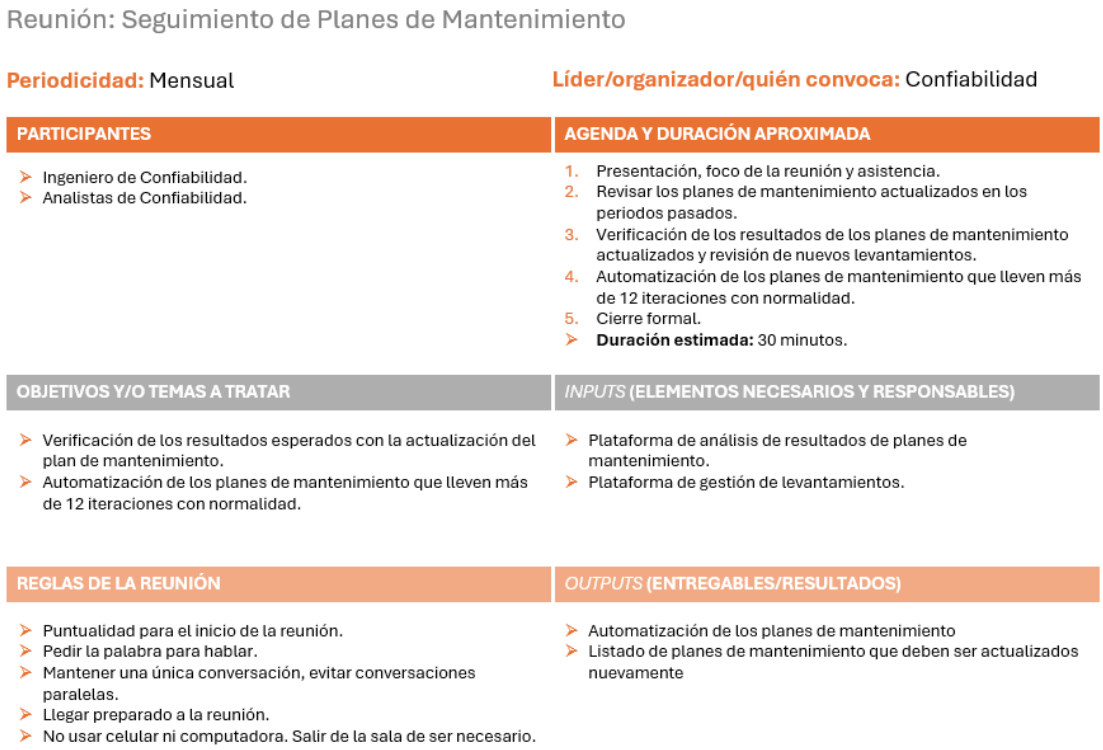


Figura 32.8: Reunión de seguimiento de planes de mantenimiento
Fuente: Elaboración propia

En detalle, esta etapa considera los siguientes pasos:

1. **Verificación de resultados de plan:** Durante un periodo de 12 iteraciones del plan de mantenimiento, se debe verificar los resultados esperados del plan de mantenimiento, su consistencia técnica y viabilidad operativa, realizando las correcciones necesarias en caso de detectar desviaciones.

2. **Automatización de Planes:** Si terminado el periodo de seguimiento de los planes de mantenimiento, hay ausencia de observaciones relevantes, el plan puede considerarse validado e incorporarse al esquema de automatización. En caso contrario, considerar volver a realizar el análisis en el próximo periodo, en base a las nuevas desviaciones presentadas.

El detalle de esta etapa se ve representado en el siguiente diagrama, que representa el periodo de seguimiento que se debe realizar para planes de distinta frecuencia:

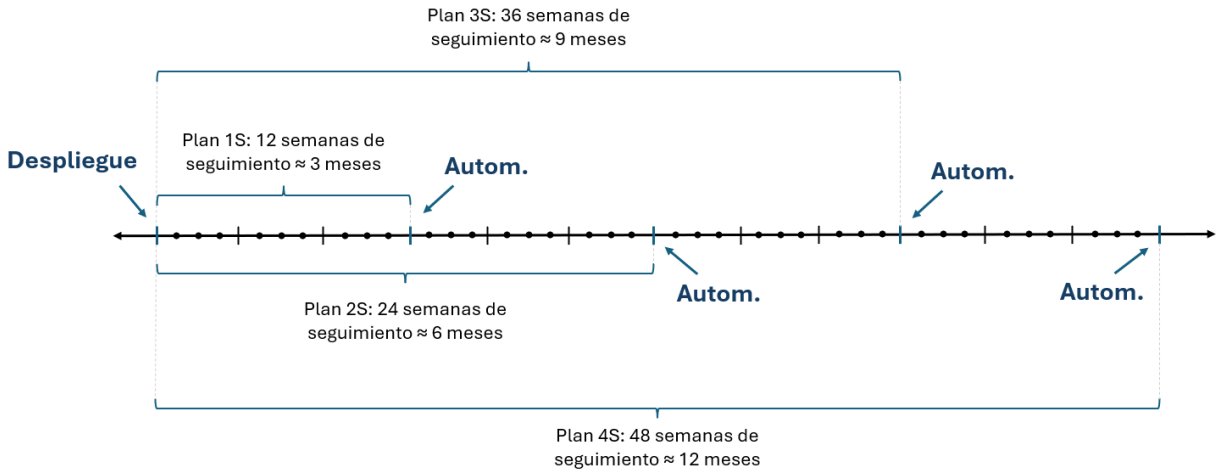


Figura 32.9: Línea de tiempo de seguimiento de planes
Fuente: Elaboración propia

En este modelo simplificado, cada punto representa una semana, mientras que una línea representa un mes desde el despliegue de los planes de mantenimiento.

Notar que el periodo de seguimiento depende de la frecuencia de cada uno de los planes desplegados. Por lo tanto, en cada reunión de seguimiento de planes de mantenimiento se deben analizar planes desplegados en variados periodos pasados. Para facilitar la gestión de esto, se incorpora un contador de iteraciones en la *Plataforma de análisis de resultados de plan de mantenimiento*, para seleccionar rápidamente en base este valor.

32.1.6. Flujograma del Procedimiento de Revisión de Planes de Mantenimiento

En conjunto, todas estas etapas constituyen el procedimiento de revisión de planes de mantenimiento, que se representa globalmente con el siguiente flujograma:

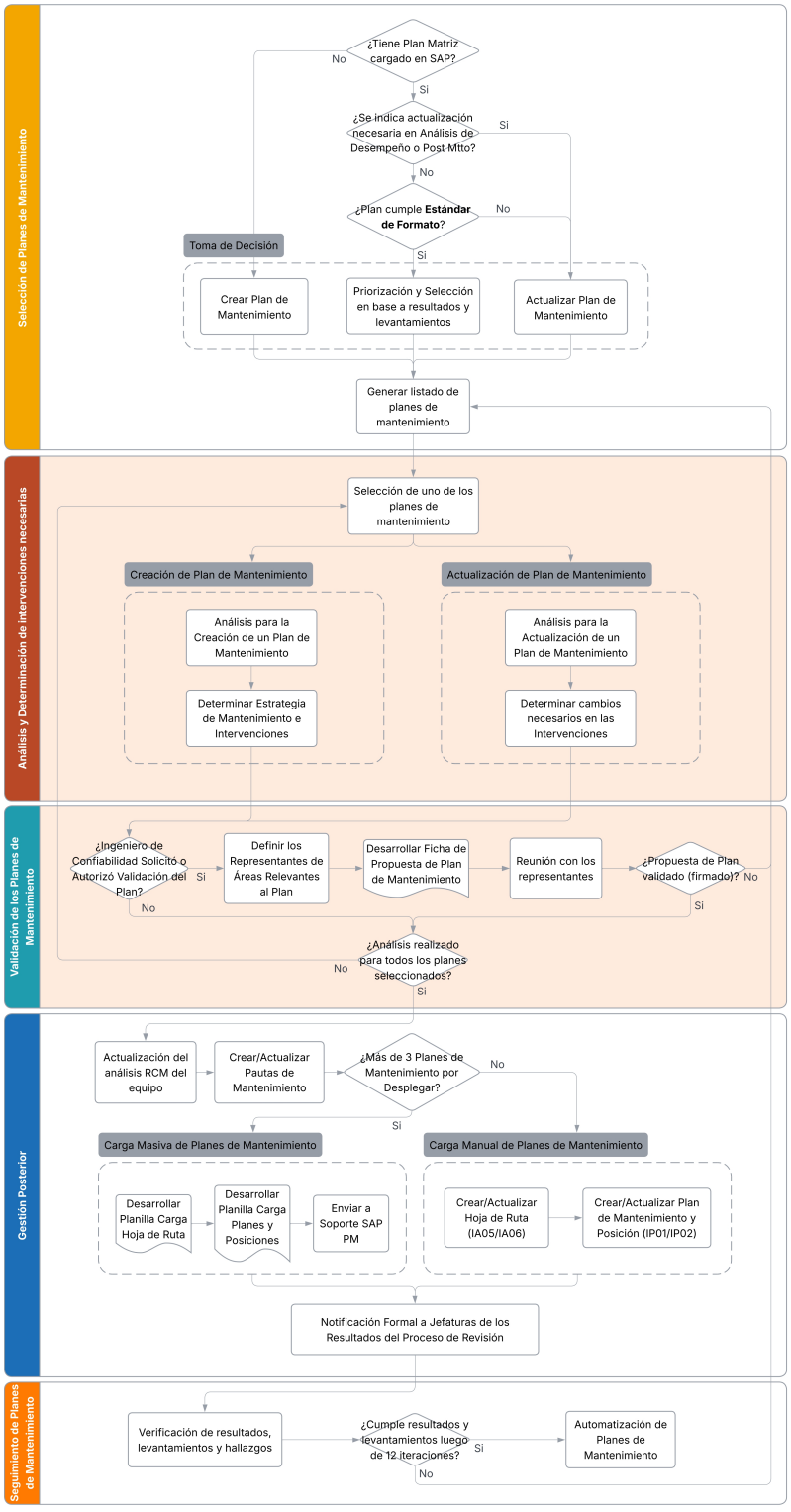


Figura 32.10: Flujograma de procedimiento de revisión de planes de mantenimiento
Fuente: Elaboración propia

32.2. Plataformas Power BI de apoyo a la gestión de planes de mantenimiento

Se propone crear las siguientes plataformas en Power BI para apoyar la gestión de los planes de mantenimiento, tanto para el análisis de resultados, gestión de solicitudes y seguimiento de modificaciones. Estas pueden incorporarse dentro del mismo tablero Power BI, en distintas páginas.

32.2.1. Plataforma de análisis de resultados de plan de mantenimiento

Se crean las bases para el desarrollo de esta plataforma, a modo de propuesta, tomando como referencia lo indicado en la MO-5, ME-1 y ME-6.

Resulta lógico pensar, que debe existir una relación entre los indicadores de cumplimiento de un plan matriz y los indicadores de desempeño del plan de mantenimiento, ya que **el desempeño del equipo se ve condicionado por la calidad de las actividades de mantenimiento realizadas**, que dependen de lo indicado en el plan de mantenimiento y la medida en la que esto se sigue durante la ejecución.

Basándonos en esta lógica, el cumplimiento del plan matriz representa una variable independiente, ya que se tiene control directo de qué tanto se guían las actividades ejecutadas por el plan, y los indicadores de desempeño se considerarían variables dependientes, ya que su valor depende de la variable independiente, el cumplimiento del plan matriz.

Para un plan de mantenimiento que considere todas las intervenciones de mantenimiento necesarias para que el equipo satisfaga todas sus necesidades, resulta lógico pensar que si hay un alto cumplimiento de este, debería reflejarse en unos buenos resultados en los indicadores de desempeño. En el caso contrario, si hay un bajo cumplimiento del plan de mantenimiento, lógicamente el desempeño debería disminuir, ya que no se guían por los lineamientos del plan, que reflejan la forma más efectiva y eficiente de realizar las actividades de mantenimiento.

Podría asumirse, por lo tanto, que los indicadores de desempeño tienen un comportamiento directamente proporcional al cumplimiento del plan matriz. Sin embargo, algunos de estos indicadores miden el buen desempeño, y otros el mal desempeño del equipo, por lo que esto depende del indicador de desempeño que se esté usando. Por ejemplo, basándose en este análisis, los siguientes indicadores tendrían el siguiente comportamiento respecto el cumplimiento del plan matriz:

Tabla 32.3: Comportamiento de indicador y su relación con el cumplimiento del plan matriz

Indicador	**Comportamiento**	**Relación con %Cump. PM**
OEE	Mientras más alto, mejor desempeño	Directamente proporcional.
Disponibilidad	Mientras más alto, mejor desempeño	Directamente proporcional.
MTTR	Mientras más alto, peor desempeño	Inversamente proporcional.
MTBF	Mientras más alto, mejor desempeño	Directamente proporcional.
%NP	Mientras más alto, peor desempeño	Inversamente proporcional.

Se desarrollará el resto del análisis para el indicador %NP. Este indicador, debe seguir una relación inversamente proporcional con el cumplimiento del plan matriz, según la siguiente figura:

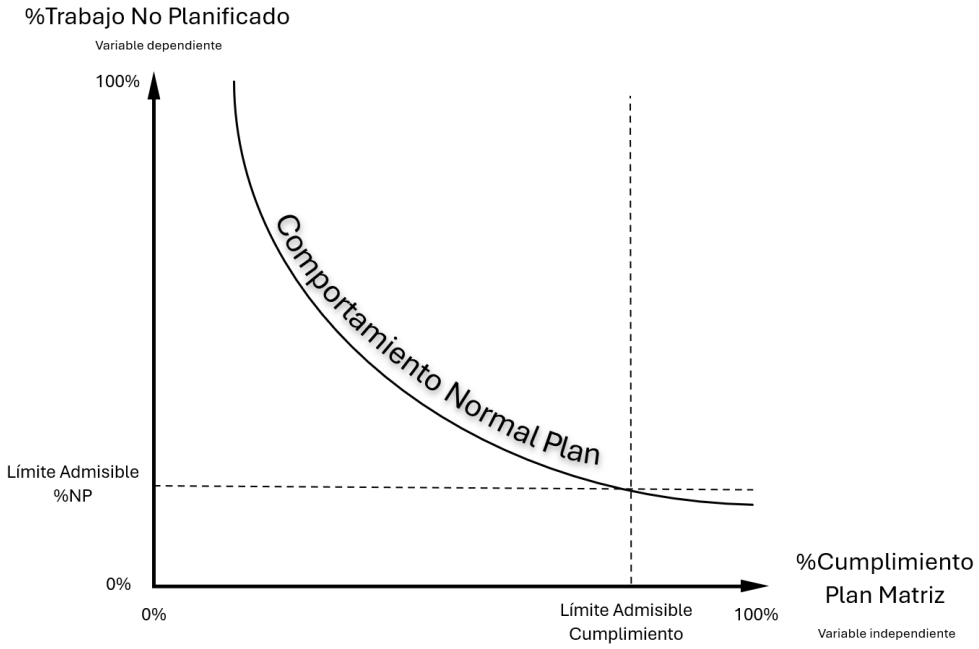


Figura 32.11: Comportamiento normal del plan según cumplimiento del plan matriz
Fuente: Elaboración propia

Un plan de mantenimiento en condiciones adecuadas debería desplazarse a lo largo de esta curva para distintos niveles de cumplimiento del plan matriz.

La forma de la curva responde a los siguientes supuestos:

- Para valores altos de cumplimiento del plan matriz, el desempeño del plan de mantenimiento debería tender a estabilizarse, lo que se representa mediante una curva que se aproxima a la horizontalidad en altos niveles de cumplimiento.
- Para valores bajos de cumplimiento del plan matriz, el desempeño del plan tiende a volverse inestable, lo cual se representa mediante una pendiente que se aproxima a la verticalidad en niveles bajos de cumplimiento.

En la gráfica se incorporan los límites admisibles de ambos indicadores. Se consideran límites de 30 % y 80 % para el trabajo no planificado y cumplimiento del plan matriz respectivamente, según lo indicado en la Figura 10.4: Detalle Puntuación IMP, como valores mínimos para un mantenimiento proactivo. En consecuencia, el cuadrante inferior derecho representa la zona que cumple simultáneamente con ambos criterios. La curva intersecta estos límites, representando de esta manera que un nivel admisible de trabajo no planificado se puede lograr cuando el cumplimiento del plan matriz se mantiene dentro de su rango aceptable.

No obstante, es relevante analizar las situaciones en las que no se sigue este comportamiento, ya que podría reflejar anomalías en el plan de mantenimiento. Estas situaciones pueden analizarse por nivel de gravedad de la siguiente manera:

- Si un plan de mantenimiento presenta un alto cumplimiento, pero simultáneamente mantiene un nivel elevado de trabajo no planificado —superior al límite admisible—, esto puede indicar que el plan no está satisfaciendo adecuadamente las necesidades reales del equipo, y necesita

actualización. Se consideran dos porciones, que representan la gravedad de las desviaciones encontradas, y consideran distintos tipos de modificaciones según lo indicado en el procedimiento de revisión de planes de mantenimiento en el segundo ítem de la Subsubsección 32.1.2.

- Por el contrario, si incluso con un bajo cumplimiento del plan se observa un nivel aceptable de trabajo no planificado, ello sugiere que el plan de mantenimiento no está generando impacto alguno sobre el equipo.
- Para niveles altos de cumplimiento del plan matriz, la presencia de un nivel extremadamente bajo de trabajo no planificado también puede indicar una situación desfavorable. Aunque refleja equipos en buen estado, puede implicar la ejecución de actividades de mantenimiento innecesarias, es decir, sobremantenimiento (considerar la curva agregada de costos en Figura 8.1), es decir, se está excediendo del nivel de confiabilidad óptimo. Debido a ello, se separa el cuadrante inferior derecho en dos porciones.
- Adicionalmente, aun cuando se encuentre dentro del comportamiento esperado de la curva, un nivel elevado de trabajo no planificado asociado a un bajo cumplimiento del plan representa igualmente una condición desfavorable.

A partir de estos criterios, es posible construir el siguiente diagrama de calor:

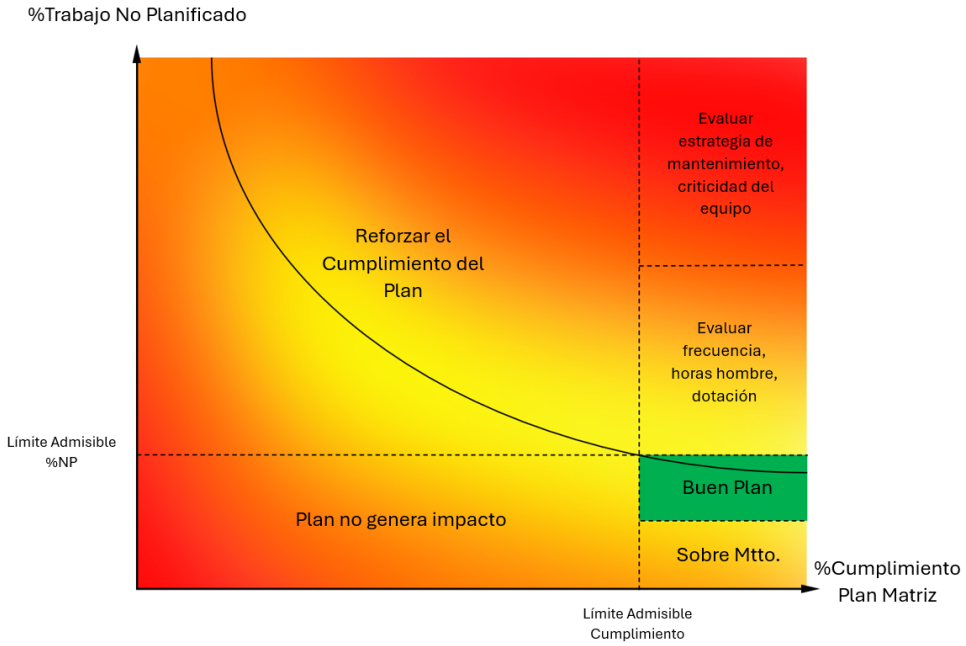


Figura 32.12: Diagrama de calor de la plataforma de análisis de resultados de plan de mantenimiento
Fuente: Elaboración propia

El diagrama utiliza un espectro de colores que va desde rojo hasta amarillo para representar la gravedad de la situación al relacionar el cumplimiento del plan matriz con el desempeño del plan de mantenimiento. El color rojo indica la condición más desfavorable, el amarillo representa una situación susceptible de mejora, los tonos naranjos corresponden a estados intermedios, y la zona verde identifica el punto óptimo entre cumplimiento y desempeño del plan de mantenimiento.

De esta manera, el diagrama puede utilizarse para analizar visualmente distintos planes de mantenimiento, permitiendo priorizar aquellos que requieren revisión. Este análisis debe realizarse considerando distintos periodos de tiempo en la evaluación de los datos, con el objetivo de identificar desviaciones respecto del comportamiento esperado entre el desempeño del plan de mantenimiento y su nivel de cumplimiento, así como situaciones en las que se superan los límites admisibles de ambos indicadores, lo que permite estimar preliminarmente la gravedad de cada caso.

Lo anterior facilita el análisis comparativo entre planes de mantenimiento y contribuye a la definición de acciones correctivas para la mejora continua de los planes más significativos.

No obstante, es importante considerar que este análisis fue desarrollado a nivel conceptual. Por lo tanto, **debe utilizarse como una referencia dentro del análisis, como indicio de una posible anomalía del plan, y no como una regla estricta de evaluación**.

Utilizando esta misma lógica, es posible analizar los planes de mantenimiento empleando el cumplimiento del plan matriz en conjunto con cualquiera de los indicadores de desempeño indicados en la Tabla 32.3. Dado que en los análisis de confiabilidad se utiliza principalmente la disponibilidad de los equipos, se propone emplear su contraparte, la indisponibilidad, que representa el porcentaje de tiempo en que el equipo no se encuentra operativo:

$$Indisponibilidad = 100\,\% - Disponibilidad$$

De esta manera, es posible utilizar el mismo diagrama de calor incorporando este indicador. Del mismo modo, este tipo de análisis puede desarrollarse para cualquier otro indicador de desempeño siguiendo la misma lógica.

El diagrama de calor, junto con diagramas de Pareto para los mismos indicadores, permitió desarrollar la siguiente propuesta de plataforma de análisis de resultados de planes de mantenimiento:



Figura 32.13: Plataforma de análisis de resultados de planes de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

Esta plataforma debe implementarse en Power BI, utilizando como fuente de datos las siguientes transacciones de SAP PM:

- **IW39:** Permite visualizar las órdenes de trabajo, su fecha de emisión, la clase de orden (NP o PL), entre otros datos relevantes.
- **IP18:** Permite visualizar la posición y el plan de mantenimiento preventivo, lo que posibilita identificar la fecha y el usuario que creó o modificó el plan de mantenimiento.
- **IW37N:** Permite determinar el cumplimiento del plan matriz a partir de la relación entre el total de órdenes con estatus de ejecutadas y el total de órdenes previstas por el plan.

Para cada una de estas transacciones se debe crear un *layout* estandarizado, con el objetivo de uniformar la forma en que se extraen los datos. Esto permite exportarlos siempre bajo el mismo formato e incorporarlos posteriormente en Power BI para su análisis.

No se recomienda extraer los datos desde Datamark (revisar la Sección 15, aun cuando esta alternativa podría requerir un menor desarrollo de la plataforma debido a que los indicadores se encuentran previamente calculados. Esto se debe a que impide acceder al origen de los datos y limita la disponibilidad de información relevante —como, por ejemplo, el momento exacto de la liberación de las órdenes—, lo que puede afectar la calidad del análisis.

Adicionalmente, la plataforma puede incorporar un algoritmo de priorización que permita ordenar los planes de mantenimiento a actualizar en función de indicadores, criticidad de los activos, fecha de última modificación, historial de fallas, entre otros criterios. Esto permitiría priorizar automáticamente los planes y sugerir aquellos de carácter crítico que requieren revisión. Se propone considerar este algoritmo para un desarrollo futuro, una vez ya instaurado el método y sus plataformas.

32.2.2. Plataforma de Gestión de Solicitudes de Actualización

Se propone incorporar una página destinada a registrar solicitudes asociados a la necesidad de revisión y actualización de planes de mantenimiento.

Para la realización de estas solicitudes, se plantea el desarrollo de encuestas en línea mediante Microsoft Forms, diferenciadas por familias de equipos. A través de estas, los usuarios podrán detallar las modificaciones requeridas, especificando el tipo de cambio y si este debe aplicarse sobre la pauta de mantenimiento o sobre algún objeto técnico del plan.

Con el objetivo de facilitar el proceso y asegurar la trazabilidad del criterio experto, se debe asegurar que las solicitudes pueda realizarse desde cualquier punto de la planta y en cualquier momento. Para ello, se debe crear un código QR para el acceso a cada encuesta, el cual debe ser incorporado en las pautas de mantenimiento correspondientes a cada familia de equipos. De este modo, cualquier usuario con acceso a una cuenta de EMICOB o de empresa contratista podrá escanear el código mediante un dispositivo móvil y acceder directamente al formulario para registrar la solicitud.

En este contexto, se propone la siguiente modificación a las pautas de mantenimiento:

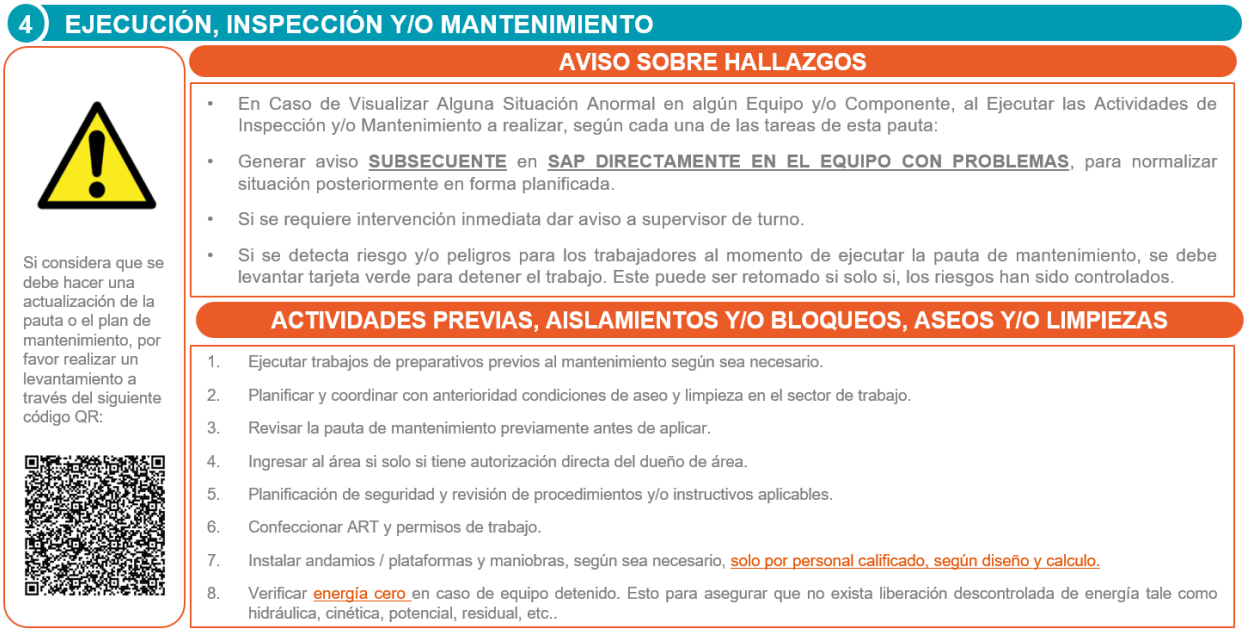


Figura 32.14: Modificación propuesta en pauta de mantenimiento
Fuente: Elaboración propia

Esta modificación debe aplicarse de manera transversal a todas las pautas de mantenimiento, incorporando el código QR correspondiente a la encuesta de cada familia de equipos.

Adicionalmente, se debe considerar que el alcance de las modificaciones sugeridas dependerá del perfil del usuario que accede a la encuesta. En el caso de ejecutores de mantenimiento y operadores, se recomienda limitar las solicitudes a aspectos asociados a la pauta de mantenimiento. En cambio, para roles como coordinadores, supervisores o jefaturas de ejecución y operaciones, se debe habilitar la posibilidad de proponer modificaciones sobre cualquier objeto técnico del plan de mantenimiento. Esta segmentación debe definirse en función de las necesidades de la división y del nivel de información y responsabilidad asociado a cada cargo.

Esto asegura que la solicitud sea rápida, fácil, y desde cualquier dispositivo y lugar, reduciendo la pérdida de información y facilitando la captura sistemática del conocimiento operativo en terreno.

Posteriormente, se debe hacer gestión de estas solicitudes en la reunión de selección de planes de mantenimiento, según lo indicado en la Figura 32.2, con el objetivo de determinar cuáles de estas solicitudes se traducirán en actualizaciones efectivas de los planes de mantenimiento.

Para facilitar este proceso, se recomienda implementar un sistema de gestión basado en un archivo Excel sincronizado mediante SharePoint, que consolide la información recopilada a través de las encuestas. Este sistema debe permitir el seguimiento del estado de cada solicitud —abierta, en revisión o cerrada—, así como su condición de aprobación o rechazo. Adicionalmente, debe incorporar la asignación de responsables y la definición de plazos para la ejecución de las modificaciones.

De forma complementaria, se sugiere evaluar el uso de herramientas como Microsoft Lists y Power Automate para automatizar la gestión del flujo de trabajo. En particular, una vez aprobada una solicitud y definidos los responsables, el sistema puede enviar automáticamente una notificación por correo electrónico al responsable asignado, incluyendo el detalle de la solicitud y el plazo establecido para su implementación.

Esta gestión y análisis se propone facilitar mediante el siguiente tablero Power BI, que incorpora esta información, junto con demás estadísticas, como las ilustradas en la imagen:

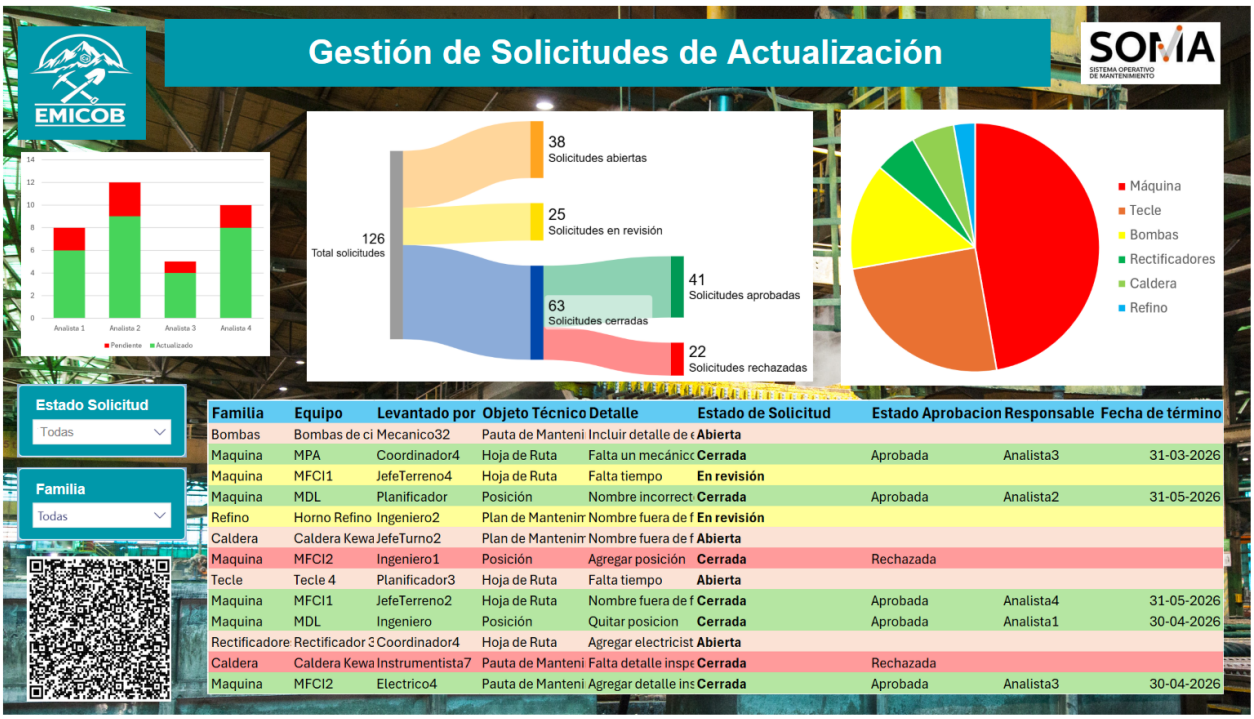


Figura 32.15: Plataforma de gestión de solicitudes de actualización
Fuente: Elaboración propia

Este debe ser usado durante la Reunión de selección de planes de Mantenimiento.

Se considera la utilización de un diagrama tipo Sankey para visualizar el estado de las solicitudes, distinguiendo entre aquellas abiertas, en revisión y cerradas, así como, dentro de estas últimas, las que han sido aprobadas o rechazadas.

Adicionalmente, se propone un diagrama de torta que permita identificar la distribución de solicitudes por familia de equipos. Finalmente, se incorpora un diagrama que muestre, para las solicitudes aprobadas, cuántas se encuentran pendientes de implementación y cuántas han sido efectivamente materializadas en actualizaciones de planes de mantenimiento, segmentadas según el responsable de su actualización.

Notar que en la esquina inferior izquierda se encuentra un código QR, que se debe corresponder con el que da acceso a las solicitudes de la familia seleccionada, para permitir el levantamiento durante la misma reunión.

32.2.3. Plataforma de Seguimiento de las últimas modificaciones

Finalmente, se propone hacer una plataforma para realizar seguimiento de los planes de mantenimiento a los que se les ha hecho modificaciones, permitiendo comparar los resultados del equipo en dos instantes de tiempo distintos, y evaluar la evolución temporal de los avisos no planificados del equipo asociado.

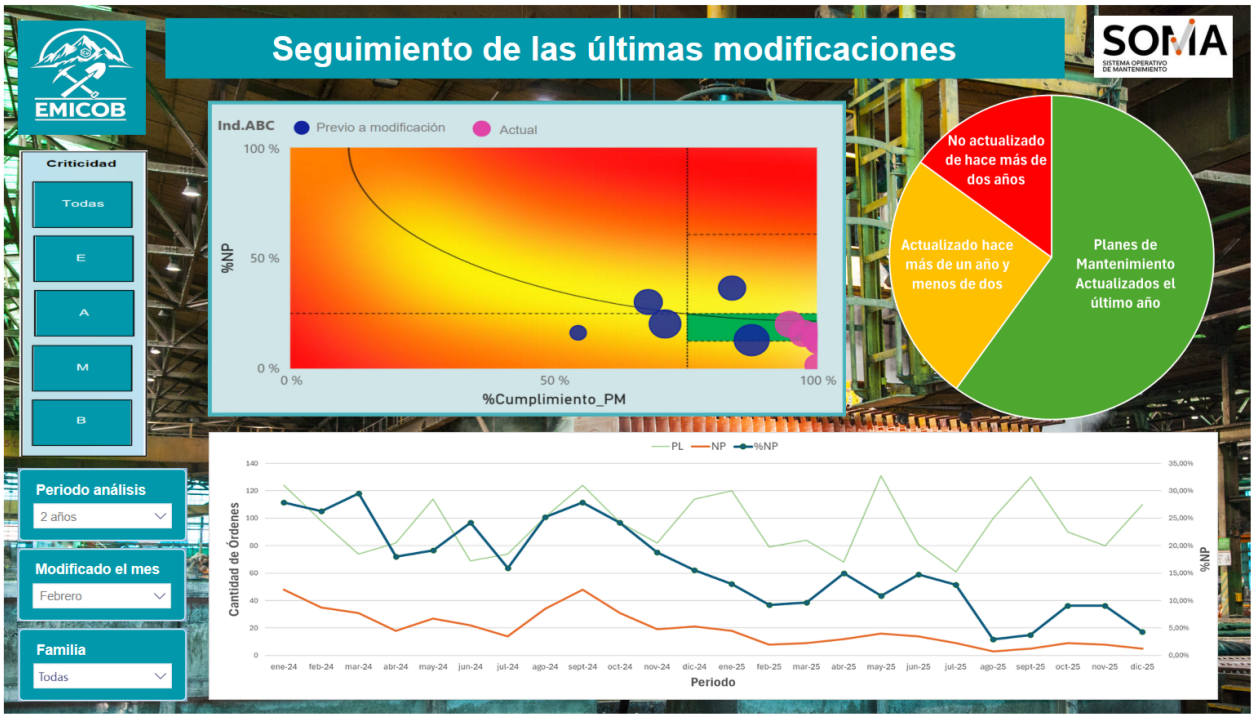


Figura 32.16: Plataforma de seguimiento de modificaciones
Fuente: Elaboración propia

Se considera la utilización del mismo diagrama de calor presentado en la Plataforma de análisis de resultados de planes de mantenimiento, pero considerando la capacidad de comparar los resultados en distintos intervalos de tiempo según los datos ingresados.

Asimismo, se propone un diagrama que permita analizar la tendencia del trabajo planificado y no planificado en un periodo determinado, segmentado por familias de equipos y equipos específicos.

Finalmente, se incluye un diagrama de torta que represente la proporción de planes de mantenimiento según su nivel de actualización: aquellos actualizados en el último año conforme a los estándares SOMA, los que presentan entre uno y dos años sin actualización, y aquellos que superan los dos años sin ser actualizados.

32.3. Ficha de Propuesta de Plan de Mantenimiento

Esta ficha se debe usar para la validación previa al despliegue de los planes de mantenimiento. Se encuentra en formato Power Point, y se separa en dos diapositivas, cada una de ellas relacionada con uno de los objetivos definidos para esta etapa de validación.


EMICOB FICHA DE PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO

1 Datos Generales

Equipo

Ubicación Técnica:		Criticidad:	
Código de Ficha:		Tipo Intervención:	
Fecha Creación:		Versión:	

2 Diagrama / Esquema / Imagen

3 Resumen Ejecutivo

4 Estrategia de Mantenimiento

FREC.	ALCANCE	Responsable	Pto.tbjo.resp	Duración	Pto EJECUTOR	Dotación	DESCRIPCIÓN	Pauta de Mantenimiento

Figura 32.17: Página 1 Ficha de Propuesta de Plan de Mantenimiento
Fuente: Elaboración propia

En la primera diapositiva se indican los datos generales del plan de mantenimiento propuesto, un diagrama, esquema o imagen que represente el equipo que interviene el plan, las principales características del plan propuesto en un resumen ejecutivo y un detalle de las intervenciones a realizar en este. El posterior uso de esta diapositiva puede ser de forma interna a la Superintendencia o no, involucrando otras áreas.

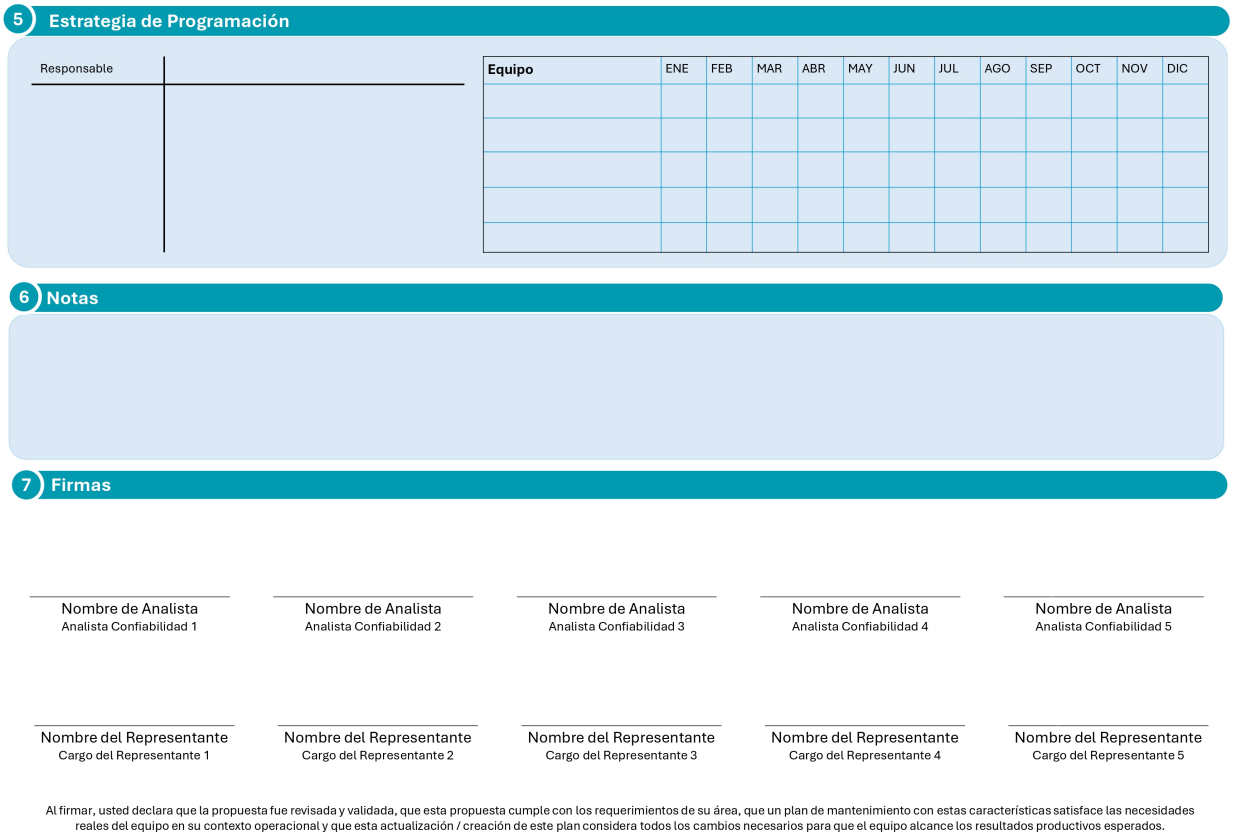


Figura 32.18: Página 2 Ficha de Propuesta de Plan de Mantenimiento
Fuente: Elaboración propia

En la segunda diapositiva se indican detalles respecto la programación de este plan, algunas notas o observaciones del plan y finalmente un espacio para agregar firmas del equipo de confiabilidad y los representantes de las áreas relevantes al plan. Esta información debe ser solo de uso interno en la Superintendencia posteriormente.

32.4. Plan de Capacitación

Esta debe realizarse por los líderes del equipo de confiabilidad, una vez hayan sido desarrolladas todas las herramientas de la solución. Se consideran los siguientes temas a incluir en la capacitación:

1. **Método de actualización:** Explicar el procedimiento de revisión de planes de mantenimiento, sus etapas, objetivos y la forma en que se articula el proceso completo.
2. **Herramientas de gestión y apoyo:** Presentar las herramientas consideradas dentro del procedimiento, entre ellas:
   - Flujograma del procedimiento.
   - Estándar de formato de planes de mantenimiento.

- Plataforma de análisis de resultados de planes de mantenimiento.
- Plataforma de gestión de solicitudes de actualización.
- Plataforma de seguimiento de las últimas modificaciones.
- Ficha de propuesta de plan de mantenimiento.
- Reunión de selección de planes de mantenimiento.
- Reunión de validación de planes de mantenimiento.
- Reunión de seguimiento de planes de mantenimiento.
- Material guía y su forma de utilización.

3. **Análisis RCM:** Explicar los fundamentos del análisis RCM y las siete etapas de su desarrollo:
   - Definición de funciones.
   - Determinación de fallas funcionales.
   - Identificación de modos de falla.
   - Descripción de efectos de falla.
   - Análisis de las consecuencias de las fallas.
   - Definición de tareas proactivas.
   - Consideración de "acciones a falta de".

   Además, se deben destacar los beneficios de mantener análisis RCM actualizados como apoyo a los estudios de confiabilidad.

4. **Mejora continua:** Explicar los principios de la mejora continua, su propósito y beneficios, mostrando visualmente los efectos positivos de su implementación para lograr motivar al equipo. Promover el cambio de enfoque desde la identificación de problemas hacia la búsqueda de oportunidades de mejora. Asimismo, se debe explicar el rol de cada etapa del modelo SOMA en este proceso, particularmente las fases de post mantenimiento y análisis de desempeño.

5. **Lineamientos del método:** Comunicar directrices clave para la aplicación del método, como la importancia del trabajo en terreno (ME-7), los beneficios colectivos e individuales asociados (MO-6) y la disposición de los líderes para apoyar el proceso.

6. **Uso del material de apoyo:** Presentar el material guía desarrollado, indicando dónde se encontrará disponible y cómo utilizarlo adecuadamente.

7. **Instancias de seguimiento:** Informar sobre las instancias posteriores de seguimiento (MO-3) y el rol de las jefaturas en el acompañamiento del proceso.

La capacitación debe incluir además un espacio para resolver dudas, realizar ejercicios prácticos y recoger retroalimentación del equipo.

Posteriormente a la instancia de capacitación, se recomienda implementar las siguientes acciones de apoyo:

- Crear un centro de conocimiento en las instalaciones del equipo de confiabilidad que reúna el material guía y otros recursos utilizados durante la capacitación, facilitando su consulta durante el proceso de despliegue.

- Imprimir y exhibir el flujograma representativo del método en las instalaciones del equipo de confiabilidad, de modo que permita visualizar de forma permanente el proceso completo.
- Implementar instancias de LUP (ver Sección 12) para reforzar los conceptos clave del método.
- Publicar el material guía en el SharePoint del área de confiabilidad, incluyendo versiones en formato de video para facilitar su consulta y difusión.

Se debe hacer la creación de **material guía** para apoyar la actualización de los planes de mantenimiento, considerando ambos métodos de carga disponibles (revisar Sección 15):

- Carga Manual: Utilizar material en formato de video, que permita mostrar cómo debe realizarse la navegación por sistema y el despliegue del plan.
- Carga Masiva: Utilizar material en formato de documento, que indique cómo debe ser rellenada la planilla de carga de hojas de ruta y de planes y posiciones.

Considerar que además, el estándar de formato de plan de mantenimiento también puede ser usado como apoyo durante el despliegue.

32.4.1. Posterior a la capacitación

Una vez finalizado el proceso de capacitación, se debe asegurar el acompañamiento en la implementación inicial, el posterior seguimiento y retroalimentación respecto a la aplicación del modelo y el desarrollo de las habilidades del equipo de confiabilidad.

Se considera crítico considerar las siguientes instancias posteriores a la capacitación:

- **Acompañamiento inicial:** Apoyo directo en primeras aplicaciones del Procedimiento de Revisión de Planes de Mantenimiento, guiando al equipo durante cada una de sus etapas, y durante el uso y análisis realizado con las Plataformas Power BI de apoyo a la gestión de planes de mantenimiento.
- **Seguimiento y retroalimentación:** Posterior a el acompañamiento inicial, se debe poner atención a cómo se incorpora la metodología en la práctica, considerando la percepción del personal, las inquietudes que puedan surgir durante su aplicación y asegurando que existan espacios donde estas puedan ser manifestadas y abordadas oportunamente. Además, de ser necesario se puede considerar hacer **ajustes iniciales** a los detalles del procedimiento, sin afectar su metodología y a las plataformas usadas, si se detectan problemas en la aplicación temprana.
- **Revisión de la metodología:** Adicionalmente, se propone realizar una instancia formal de revisión de la metodología seis meses después de la capacitación. Esta instancia, desarrollada en conjunto con el equipo de confiabilidad, tendrá como objetivo evaluar el grado de adopción del método, recoger dudas y observaciones, revisar los beneficios ya evidenciados desde su implementación y realizar los ajustes necesarios de la metodología considerada en el *Procedimiento de Revisión de Planes de Mantenimiento* y las *Plataformas Power BI de apoyo a la gestión de planes de mantenimiento* en función de la experiencia adquirida durante su aplicación. Para asegurar su realización, se recomienda dejar programada esta instancia el mismo día en que finalice el proceso de capacitación.

La aplicación rigurosa de este tipo de instancias de seguimiento permite fortalecer la adopción del método y avanzar en la consolidación de las capacidades del equipo.

33. Desarrollo del Plan de Implementación

Se busca una solución integral que aborde todas las causas raíz identificadas. Sin embargo, no es factible implementar todas las acciones de manera inmediata, debido a que cada solución requiere tiempos de desarrollo distintos y debe respetar un orden lógico.

Por ello, se define el siguiente plan de implementación, que equilibra la secuencia técnica de desarrollo con la necesidad de capturar beneficios tempranos, permitiendo evaluar resultados, introducir ajustes y aumentar progresivamente la efectividad del sistema hasta su consolidación.

Se definen tres etapas para la implementación de la solución: **desarrollo, despliegue y revisión**, cada una con consideración de los siguientes puntos:

- **Desarrollo**

  Etapa orientada a la construcción y ajuste de las herramientas necesarias para la posterior implementación. Se considera necesario no más de un mes para su desarrollo.

  1. **Comunicación estratégica:** Orientación respecto el proceso de cambio y la implementación del *Procedimiento de Revisión de Planes de Mantenimiento*, en línea con lo señalado en la Subsección 31.9. Se recomienda realizar durante los diálogos de desempeño del equipo.
  2. **Ajuste del procedimiento:** Desarrollo detallado, ajuste y validación del *Procedimiento de Revisión de Planes de Mantenimiento* propuesto, considerando la revisión de cada una de sus etapas, instancias de gestión, reuniones, roles y responsabilidades.
  3. **Ajuste del estándar:** Desarrollo detallado, ajuste y validación del *Estándar de Formato de Plan de Mantenimiento* propuesto.
  4. **Ajuste del material guía:** Ajuste y validación de los instructivos para actualización manual y carga masiva propuestos en la *Sección D*.
  5. **Desarrollo de plataformas:** Construcción de las *Plataformas Power BI de apoyo a la gestión de planes de mantenimiento*.
  6. **Preparación de capacitación:** Desarrollo de material formativo y preparación, en línea con lo señalado en el *Plan de Capacitación*.

- **Despliegue**

  Etapa en la cual la solución es introducida formalmente al equipo y comienza su aplicación. Se considera necesario no más de dos meses para su desarrollo.

  7. **Capacitación del equipo:** Formación en procedimiento, estándar, herramientas y enfoque metodológico.
  8. **Acompañamiento inicial:** Apoyo directo en primeras aplicaciones del proceso, y uso de las Plataformas Power BI de apoyo a la gestión de planes de mantenimiento.
  9. **Estudio de la metodología:** Se debe instar al equipo a estudiar la metodología y preparar inquietudes en su aplicación.
  10. **Seguimiento y retroalimentación:** Seguimiento de las inquietudes que puedan surgir durante su aplicación y retroalimentación del equipo.
  11. **Ajustes iniciales:** De ser necesario, se considera la corrección de problemas detectados en la aplicación temprana.

- **Revisión**

  Luego de 6 meses desde la capacitación del equipo, se considera una instancia que considera todo el equipo de confiabilidad, para hacer revisión de la metodología y sus herramientas, realizar las correcciones más relevantes y estabilizar su operación. Se considera:

  12. **Refuerzo de capacitación:** Se considera un repaso de la metodología considerada, y un a instancia de retroalimentación, para nivelar los conocimientos y aclarar dudas.
  13. **Seguimiento de indicadores:** Monitoreo del desempeño de los planes actualizados desde la implementación de la metodología.
  14. **Revisión de procedimiento:** Se considera la revisión del *Procedimiento de Revisión de Planes de Mantenimiento*, para evaluar la metodología usada, y posibles correciones leves.
  15. **Revisión de las plataformas:** Se considera la revisión de las *Plataformas Power BI de apoyo a la gestión de planes de mantenimiento*, y ajustes necesarios para poder apoyar de mejor manera al equipo de confiabilidad en la aplicación de la metodología.

Una vez ejecutado el plan de implementación, la solución se considera integrada a la operación habitual. A partir de este punto, se contemplan únicamente mejoras incrementales de baja magnitud, orientadas a la **optimización continua** de la solución y de sus plataformas.

33.1. Análisis económico de la solución

Considerando lo expuesto anteriormente, se desarrolla un análisis económico con el objetivo de evaluar el impacto de la solución propuesta.

Dado que el alcance del estudio se limita a la gestión de mantenimiento, el análisis se enfoca en los gastos asociados a esta función, en lugar de evaluar el flujo de caja del negocio. En este contexto, se consideran los **costos de inversión (CAPEX)** requeridos para la implementación del proyecto y la disminución proyectada en los **costos operativos (OPEX)**, con el fin de evaluar indicadores económicos pertinentes.

Tal como se establece en la *Definición del Objetivo*, se proyecta que la solución permitiría reducir en un 5 % los trabajos de mantenimiento no planificados. Para cuantificar este impacto en términos económicos, se analizó el gasto asociado a este tipo de actividades.

A partir de la transacción IW39 de SAP PM, se extrajo el detalle de los trabajos no planificados ejecutados durante el año 2025, conformando una base de datos de más de 1.600 registros. Esta información incluye número de aviso y orden, descripción del trabajo, ubicación técnica, fechas de inicio y término, dotación involucrada y costos asociados a salidas de almacén, gastos distribuidos, materiales de soporte y materiales generales de bodega.

El análisis de estos datos permitió determinar un gasto registrado en sistema de 603.941,24 dólares. No obstante, este valor no incorpora el costo asociado a la ejecución de los trabajos. Por ello, a partir de las horas y fechas de inicio y término de las órdenes, junto con la dotación asignada, se estimó un total de 17.791 horas-hombre (HH) destinadas a trabajos no planificados durante el año 2025. Considerando una valorización de 15 dólares por HH, se obtiene un costo adicional de 266.870 dólares, alcanzando un gasto total de 870.811 dólares anuales, equivalente a un promedio mensual de 72.567 dólares.

Bajo el supuesto definido con el tutor, que establece una reducción del 5 % en el trabajo no planificado tras la implementación de la solución, se proyecta por lo tanto, una disminución del gasto a 827.270,69 dólares anuales, equivalente a 68.939,22 dólares mensuales en promedio.

En cuanto a los costos de inversión del proyecto, estos se estiman en función del tiempo y la dotación requerida de analistas e ingenieros para el desarrollo de la solución, de acuerdo con lo establecido en el *Desarrollo del Plan de Implementación*. Para su valorización, se consideran tarifas de 15 y 30 dólares por HH, respectivamente. El detalle de estos costos se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 33.1: Resumen de recursos CAPEX

Punto	Ingenieros			Analistas			Valorización
	Dotación	Horas	HH (Ing)	Dotación	Horas	HH (Ana)	
N°1	4	0,5	2	4	0,5	2	$90
N°2	3	5	15	-	-	0	$450
N°3	2	2	4	-	-	0	$120
N°4	1	4	4	-	-	0	$120
N°5	2	21	42	-	-	0	$1.260
N°6	2	3	6	-	-	0	$180
N°7	2	5	10	4	5	20	$600
N°8	2	1	2	4	1	4	$120
N°9	-	-	0	4	1	4	$60
N°10	1	2	2	4	0,5	2	$90
N°11	2	2	4	-	-	0	$120
N°12	2	0,25	0,5	4	0,25	1	$30
N°13	2	0,25	0,5	4	0,25	1	$30
N°14	2	0,5	1	4	0,5	2	$60
N°15	2	1	2	4	1	4	$120
	Total HH Ingenieros		95	**Total HH Analistas**		52	**$3.450**

De esta manera, se estima que el costo asociado al tiempo invertido en el desarrollo del proyecto asciende a un total de 3.450 dólares, distribuido en los distintos periodos correspondientes a las etapas definidas.

Para evaluar económicamente la implementación de la solución, se comparará la situación actual (sin aplicación de la propuesta) con el escenario proyectado, considerando los beneficios asociados a la reducción de costos operativos. Para ello, se emplearán los siguientes indicadores:

- **Valor Actual Neto (VAN):** Corresponde a la suma de los valores actuales de los flujos de caja del proyecto, considerando una tasa de interés. En este caso, al no contemplarse ingresos, el VAN en ambos escenarios será negativo, representando el **costo actual neto**. Esta se calculará según la expresión:

$$VAN = \sum_{t=1}^{n} \frac{F_t}{(1+r)^t}$$

donde:

- F_t: Flujo de caja en el periodo t. Considerar que incluye tanto los costos operativos, como los costos de capital realizados en el periodo (inversión).
- r: Tasa de descuento. Se considera un valor del 15 %, para evaluar de esta manera, el beneficio de la solución incluso en un caso desfavorable de alta incertidumbre.
- t: Periodo de tiempo. Se usarán periodos de un mes.
- n: Número total de periodos. Se limita el análisis a 12 periodos (un año).

La evaluación se basa este valor para cada alternativa, seleccionando aquella que minimice dicho costo en el horizonte de análisis.

- **Punto de equilibrio:** Permite determinar el punto de cruce de los costos acumulados entre ambas alternativas, identificando el momento a partir del cual la solución propuesta se vuelve más conveniente y se recupera la inversión.

Cabe señalar que el indicador Tasa Interna de Retorno (TIR) no resulta aplicable en este caso, dado que el análisis no considera ingresos.

Luego, considerando las siguientes suposiciones, se construye el flujo de caja:

- Se considera el mismo costo asociado a trabajo no planificado que el año año 2025.
- No se consideran variaciones en el nivel de trabajo no planificado durante el año, asumiendo un costo mensual constante.
- Se considera una disminución del costo asociado al trabajo no planificado a partir del sexto mes desde el despliegue de la solución.

Desarrollo — Despliegue — Revisión

Situación actual

Periodo (mes)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
OPEX	$ -72.567	$ -72.567	$ -72.567	$ -72.567	$ -72.567	$ -72.567	$ -72.567	$ -72.567	$ -72.567	$ -72.567	$ -72.567	$ -72.567	
Flujo Neto	$ -72.567	$ -72.567	$ -72.567	$ -72.567	$ -72.567	$ -72.567	$ -72.567	$ -72.567	$ -72.567	$ -72.567	$ -72.567	$ -72.567	
Flujo Acumulado	$ -72.567	$ -145.134	$ -217.701	$ -290.268	$ -362.835	$ -435.402	$ -507.969	$ -580.536	$ -653.103	$ -725.670	$ -798.237	$ -870.804	
Cálculo del VAN	$ -72.458	$ -72.350	$ -72.241	$ -72.133	$ -72.025	$ -71.917	$ -71.810	$ -71.702	$ -71.595	$ -71.487	$ -71.380	$ -71.273	$ -862.373

Propuesta aplicada

CAPEX	$ -2.220	$ -495	$ -495	$ -	$ -	$ -	$ -240	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	
OPEX	$ -72.567	$ -72.567	$ -72.567	$ -72.567	$ -72.567	$ -72.567	$ -72.567	$ -68.939	$ -68.939	$ -68.939	$ -68.939	$ -68.939	
Flujo Neto	$ -74.787	$ -73.062	$ -73.062	$ -72.567	$ -72.567	$ -72.567	$ -72.807	$ -68.939	$ -68.939	$ -68.939	$ -68.939	$ -68.939	
Flujo Acumulado	$ -74.787	$ -147.849	$ -220.911	$ -293.478	$ -366.045	$ -438.612	$ -511.419	$ -580.358	$ -649.297	$ -718.236	$ -787.175	$ -856.114	
Cálculo del VAN	$ -74.675	$ -72.843	$ -72.734	$ -72.133	$ -72.025	$ -71.917	$ -72.047	$ -68.117	$ -68.015	$ -67.913	$ -67.812	$ -67.710	$ -847.943

Figura 33.1: Análisis económico del proyecto
Fuente: Elaboración propia

Se observa que, en el escenario sin implementación de la solución, se obtiene un costo actual neto de 862.373 dólares, mientras que, al aplicar la propuesta, este valor disminuye a 847.943 dólares. Esto representa una reducción de 14.430 dólares, equivalente a un 1,6 % del valor original, resultado que adquiere relevancia considerando la tasa de descuento utilizada para el cálculo de este indicador.

Adicionalmente, el flujo de caja acumulado del escenario con la propuesta aplicada comienza a ser inferior al del escenario sin implementación a partir del sexto mes desde su despliegue, en concordancia con el inicio de las instancias de revisión y ajuste, alcanzándose el punto de equilibrio en dicho periodo.

33.2. Demás iniciativas

Durante el transcurso del periodo, **ya fueron implementadas algunas iniciativas con foco a la mejora continua de la gestión de mantenimiento**, incluso algunas de las planteadas en este proyecto.

- **Capacitación Indicadores:** Se realizó una capacitación a todo el equipo de confiabilidad y planificación respecto el detalle de los indicadores más relevantes considerados en la gestión de mantenimiento, con detalle de cálculo y gestión en SAP PM.
- **Tablero Power BI de Reporte Confiabilidad:** Se automatizaron los reportes de confiabilidad que previamente se hacían de forma manual, y ahora se hacen con un tablero Power BI.
- **Cambio en orgánica de la SIM:** Se definieron cambios en la orgánica de la Superintendencia de Mantenimiento, y se están realizando de forma progresiva, con foco en el aprovechamiento efectivo de las habilidades del personal.
- **Cambio de formato en la pauta de mantenimiento:** Se actualizó el formato de las pautas de mantenimiento usadas en terreno, se incluyeron nuevas consideraciones que la pauta anterior no consideraba, y se comenzó la actualización de todas las pautas con formato desactualizado.
- **Ficha de Propuesta de Plan de Mantenimiento:** Se comenzó a usar la *Ficha de Propuesta de Plan de Mantenimiento* considerada dentro de la solución propuesta en este proyecto para proponer nuevos planes de mantenimiento al equipo.
- **Procedimiento y estándar:** Se está revisando la metodología propuesta en el *Procedimiento de Revisión de Planes de Mantenimiento* para ser modificada de ser necesario e implementada. Además, se está utilizando el *Estándar de Formato de Plan de Mantenimiento* durante el despliegue de planes de mantenimiento.

Se destacan además las siguientes iniciativas que se considera que permitirían mejorar la efectividad de la gestión de mantenimiento, rescatadas de el *Sección Cualitativa*:

- **Desarrollo de un sistema para facilitar la gestión de avisos (OM-3):** Se propone implementar herramientas que mejoren la calidad y gestión de la información en SAP PM, facilitando la planificación, ejecución y los análisis de desempeño realizados en confiabilidad, para que puedan ser usados como criterio para la actualización de los planes de mantenimiento. Como primer paso, se sugiere el desarrollo de Lecciones de Un Punto (LUP) (revisar Sección 12) e incorporarlas en los equipos utilizados en terreno para la creación de avisos.
- **Desarrollar una plataforma para apoyar la mejora continua de la gestión de mantenimiento (OM-52):** Se propone establecer un sistema que permita gestionar de manera estructurada las iniciativas de mejora, incluyendo la recolección de ideas, selección de proyectos, análisis de causas, definición de soluciones y seguimiento, tal como es indicado en el libro Manual de gestión de activos y mantenimiento, y detallado en la Sección 13. Este sistema debe complementarse con el fortalecimiento de las reuniones post mantenimiento, incorporando un enfoque de mejora continua, tal como es indicado en SOMA, de manera tal que permita guiar la recopilación de información, los análisis de desempeño en la ejecución de mantenimiento y confeccionar una lista de mejoras, para así hacer un *RdP* (revisar la Subsección 12.1) y determinar las soluciones respectivas, determinar responsables y hacer monitoreo de compromisos.
- **Plan de Capacitación, transmisión de conocimiento y Mapeo de Habilidades (OM-1):** Se propone realizar un mapeo sistemático de las habilidades del personal, con foco principal en el área ejecutora, que permita identificar brechas y fortalezas individuales. A partir de este diagnóstico, se deben estructurar instancias formales de transmisión de conocimiento, como

formaciones internas, mentorías y estandarización de buenas prácticas. Complementariamente, se deben diseñar planes de capacitación específicos orientados a cerrar brechas críticas, alineando el desarrollo de competencias con los requerimientos operacionales y los objetivos de la gestión de mantenimiento.

- **Informes de Falla y Análisis de Desempeño (OM-41):** Para completar la metodología de actualización de planes de mantenimiento, se requiere formalizar y sistematizar los análisis de desempeño, asegurando que estos deriven en acciones correctivas orientadas a la prevención de fallas crónicas. De este modo, se busca vincular directamente los resultados de dichos análisis con la actualización efectiva de los planes de mantenimiento. Debido a la complejidad de este desarrollo (más detalle en la Subsección 31.3), se plantea la siguiente pregunta de investigación para un futuro proyecto a realizar en la empresa:

Pregunta Investigativa para Próximo Trabajo

¿De qué manera la gestión de mantenimiento en la División se ve limitada por la insuficiente aplicación del Análisis de Desempeño (Fase H SOMA), y qué acciones correctivas permitirían aprovechar efectivamente esta oportunidad de mejora?

Capítulo VI

Conclusiones y Sugerencias

34. Conclusiones

La investigación desarrollada permitió identificar que la principal oportunidad de mejora para incrementar el nivel de madurez de la gestión de mantenimiento se concentra en la **gestión y actualización de los planes de mantenimiento**. El análisis determinó que estas deficiencias tienen un origen principalmente **metodológico y organizacional**, asociado tanto a la ausencia de una metodología estructurada como a debilidades en la gestión del equipo de confiabilidad, identificándose un total de 14 causas raíz.

En respuesta a esta problemática, la solución propuesta aborda de manera integral las brechas identificadas, habilitando una actualización sistemática de los planes de mantenimiento. No obstante, su implementación efectiva **requiere el desarrollo previo de condiciones habilitantes**, ya que se reconoce la necesidad de fortalecer los estándares operacionales, así como de **facilitar la adopción práctica de la metodología**, mediante la formalización de instancias de gestión y el desarrollo de plataformas o sistemas que simplifiquen el análisis y promuevan la integración de estas prácticas. De este modo, se posibilita la incorporación efectiva de la metodología en el equipo de confiabilidad y el logro de los resultados esperados.

La implementación de la solución propuesta debe realizarse de manera **gradual y focalizada**, alineandose del plan de implementación propuesto, de modo de habilitar la obtención de resultados tempranos, la escalabilidad progresiva de la metodología y el seguimiento continuo del proceso. En este contexto, se reconoce que **las mejoras requieren un periodo de aprendizaje previo a la generación de beneficios**, por lo que resulta fundamental asegurar consistencia en la implementación y abordar sistemáticamente las desviaciones.

En este sentido, la **gestión del cambio** constituye un factor crítico para la sostenibilidad de la solución, requiriendo liderazgo, comunicación efectiva y la generación de confianza en los beneficios asociados a este proceso de transformación.

Por otra parte, se concluye que el modelo SOMA constituye una herramienta robusta para guiar la gestión de mantenimiento. No obstante, su aplicación en este contexto requiere una **adaptación metodológica a la realidad divisional**, debido a limitaciones técnicas, metodológicas y estratégicas que dificultan su implementación directa (ver la Subsección 31.8). Estas brechas pueden ser reducidas progresivamente mediante la implementación de la solución propuesta y otras instancias de mejora continua en los procesos, permitiendo comprender el modelo SOMA tanto como una guía para la gestión de mantenimiento como una **meta en su aplicación efectiva**.

Si bien esta adaptación es considerada en la propuesta desarrollada, persiste una brecha relevante

asociada a la **integración entre la actualización de planes de mantenimiento y los análisis de desempeño**, la cual no pudo ser abordada debido a las restricciones definidas en la *Viabilidad de la investigación*, constituyendo una oportunidad significativa para desarrollos futuros. En este contexto, la pregunta de investigación planteada en la Subsección 33.2 permite orientar un trabajo posterior enfocado en cerrar esta brecha y consolidar la actualización efectiva de los planes de mantenimiento.

En definitiva, la propuesta desarrollada se considera sólida e íntegra, con capacidad de generar resultados concretos y un **avance en la madurez de la gestión de mantenimiento**, al establecer un enfoque sistemático para la actualización de planes de mantenimiento, junto con herramientas de gestión que habilitan este proceso y generan **sinergia entre las distintas áreas**, condición necesaria para una implementación efectiva.

Se proyecta que su implementación permitirá mejorar el desempeño operacional, contribuyendo a:

- **Reducir fallas y trabajo no planificado**
- **Mejorar la eficiencia de la gestión de mantenimiento**
- **Aumentar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos**

Ya que, la actualización continua y sistemática de los planes de mantenimiento permitiría aprovechar efectivamente las oportunidades de mejora identificadas en terreno, en los análisis de resultados y en los levantamientos realizados por las distintas áreas de la organización. Esto favorecería la eliminación progresiva de actividades inefectivas, la incorporación de nuevas acciones preventivas y la corrección de desviaciones detectadas en la ejecución, aumentando la efectividad de los planes de mantenimiento y **reduciendo la ocurrencia de fallas y trabajo no planificado**, producto de una mejor alineación entre las intervenciones de mantenimiento y las necesidades reales de los equipos.

Asimismo, al mantener los planes de mantenimiento alineados con las condiciones operacionales, y reducir el tiempo medio entre fallas, se proyecta un aumento progresivo de la disponibilidad y confiabilidad de los equipos.

Además, la estandarización del proceso de actualización, junto con la incorporación de herramientas de gestión y análisis, permitiría **optimizar el uso de recursos, reducir sobreprocesamientos y liberar tiempo** actualmente destinado a actividades administrativas innecesarias.

Finalmente, se concluye que a pesar de las dificultades encontradas durante el desarrollo del trabajo, la propuesta fue posible gracias a la aplicación de metodologías de mejora continua, la cual permitió estructurar el análisis, definir con precisión el problema y focalizar los esfuerzos en las causas raíces del problema y en aquellas soluciones con mayor potencial de beneficio.

35. Sugerencias

Se recomienda implementar las propuestas desarrolladas en este trabajo, formalizando y aplicando el *Procedimiento de Revisión de Planes de Mantenimiento* como mecanismo para gestionar la mejora continua de los planes de mantenimiento. Asimismo, se sugiere utilizar el *Estándar de Formato de Plan de Mantenimiento* como criterio para identificar la necesidad de actualización de los planes y apoyar su despliegue mediante las *Plataformas Power BI de apoyo a la gestión de planes de mantenimiento* desarrolladas en Power BI, orientadas al análisis de resultados, la gestión de solicitudes de actualización y el seguimiento de los planes de mantenimiento. Para ello, se recomienda seguir el plan de implementación propuesto, considerando las actividades indicadas para el desarrollo, despliegue y posterior revisión de las iniciativas implementadas, teniendo en consideración los detalles indicados respecto a la capacitación necesaria para la implementación, y las recomendaciones para la comunicación y seguimiento de la solución.

Complementariamente, se recomienda desarrollar a la brevedad una investigación orientada a la aplicación de la Fase H del SOMA. Esta línea de trabajo constituye la principal brecha identificada para maximizar la efectividad de la propuesta presentada, ya que permitiría fortalecer la integración entre la actualización de los planes de mantenimiento y los procesos de análisis de desempeño y gestión de fallas, permitiendo medir efectivamente el desempeño de un plan de mantenimiento según las indicaciones dadas por el SOMA.

Asimismo, se sugiere utilizar el listado de oportunidades de mejora identificado durante esta investigación (ver Tabla 24.1) como base para futuros proyectos de mejora continua. Entre ellas, se recomienda priorizar el desarrollo de un sistema que facilite la gestión de avisos y solicitudes de mantenimiento, así como iniciativas orientadas a la capacitación, transmisión de conocimiento y mapeo de habilidades del personal ejecutor.

Finalmente, se recomienda desarrollar e implementar un sistema formal de gestión de ideas de mejora continua, fortaleciendo las instancias de post mantenimiento como espacios de identificación, análisis y seguimiento de oportunidades de mejora. Del mismo modo, se sugiere promover activamente la participación de todo el equipo en la filosofía de mejora continua, fomentando una cultura organizacional orientada al aprendizaje, la innovación incremental y el perfeccionamiento permanente de los procesos de mantenimiento.

Bibliografía

Galpin, T. J. (1996). *The Human Side of Change: A Practical Guide to Organization Redesign* (1.ª ed.). Jossey-Bass Publishers.

Daniel T. Jones, J. P. W. (2003). *LEAN THINKING* (1.ª ed.). Free Press.

Moubray, J. (2004). *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (Edición en Español)* (2.ª ed.). Aladon Ltd.

Andreani, A. A. (2005). *Manual de gestión de activos y mantenimiento* (1.ª ed.). RIL editores.

Maxwell, J. C. (2007). *Las 21 leyes irrefutables del liderazgo* (1.ª ed.). Grupo Nelson.

A Guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM) Standard [Revised version of SAE JA1012]. (2011). SAE International.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. d. P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6.ª ed.). McGraw-Hill Education.

Universidad de Santiago de Chile. (2020). *Electrometalurgia*. https://www.metalurgia.usach.cl/sites/metalurgia/files/documentos/capitulo15.pdf

Varios Autores. (2025). *Sistema Operativo de Mantenimiento (SOMA)* (2.ª ed.). EMICOB.

Consejo Minero. (2026). *Estadísticas de la industria minera en el mercado mundial y su importancia para el país*. https://consejominero.cl/mineria-en-chile/cifras-actualizadas-de-la-mineria/

Capítulo VII

Anexos

A. Resultados Sección Cuantitativa Entrevistas/Encuesta

Tabla A.1: Respuestas de Justificación a Pregunta N°4 de Sección Cuantitativa

Área	Cargo	¿De qué manera necesita adaptarse al contexto operacional de la División y no aplicar los estándares del modelo SOMA?
Confiabilidad y Planificación	Planificador Mantenimiento	Por temas de tamaño y recursos se adaptan ciertos criterios.
Confiabilidad y Planificación	Analista Confiabilidad	lo desconozco.
Confiabilidad y Planificación	Analista Confiabilidad	Puestos y responsabilidades de áreas no concuerdan con organigrama divisional.
Ejecución	Electricista	necesito mas información del soma.
Confiabilidad y Planificación	Planificador Mantenimiento	En realicion a las condiciones de equipos, procesos, recursos disponibles y exigencias de seguridad que requieren ajustar la planificación.
Suministros	Ingeniero	Debe ser capaz de compatibilizar e incluir aspectos normativos y legales en su composición, especialmente aquellos derivados de auditorías corporativas.
Ejecución	Coordinador Terreno	De manera conjunta como pares entre mantención y operaciones.
Ejecución	Coordinador Terreno	La frecuencia de las mantenciones e inspecciones no son suficientes para el modelo operacional que se requiere hoy en día.
Ejecución	Jefe Turno/Terreno	Cuando los recursos son limitados.
Confiabilidad y Planificación	Ingeniero de Planificación y Confiabilidad	Soma pensado en condición ideal. Como division no tenemos misma estructura, infraestructura ni presupuesto.
Confiabilidad y Planificación	Planificadora de Mantenimiento	SOMA basado en todas las divisiones, grandes divisiones, no pequeñas. Realidades distintas en capacidad.
Ejecución	Ingeniera Jefa de Ejecución	SOMA no considera el "como se hace", en terreno. La calidad se ve en terreno. Pese al cumplimiento del plan matriz, se necesita levantar el cambio de repuesto, mantenimiento se hace por condición, se sigue dependiendo de personas, no es automático.
Confiabilidad y Planificación	Ingeniero de Confiabilidad (ex graduado)	SOMA no se ajusta a requerimientos de División pequeña, por tamaño infraestructura, cargos, se distribuye trabajo en todos los cargos.
Otro	Superintendente SIM	Ambiente ágil debido a contexto nos da oportunidad de hacer trabajos adecuandonos, pero se considera NP. SOMA permite ser metódico en mantenimiento, pero en presencia de factores externos (abastecimiento ánodos, seguridad teniente) se hace necesario compatibilizar y adaptarse.
Suministros	Jefe Terreno Electricista	Soma genera Entropía, mucha burocracia, gestión. Tiene falencias, mucha documentación.
Confiabilidad y Planificación	Técnica en Gestión de Mantenimiento	Le toca salir a terreno, eso debería hacerlo planificador.
Ejecución	Jefe terreno RAF, Suministros, Grúa	Se está en fase de transición (su cargo). Se planifica, gestiona materiales, se hace seguimiento. No le corresponde hacerlo. Planes de mantenimiento están en pausa. Debe asegurarse de que estos funcionen bien, y debe arrastrar a alguien para que funcionen.

Continúa en la página siguiente

Área	Cargo	¿De qué manera necesita adaptarse al contexto operacional de la División y no aplicar los estándares del modelo SOMA?
Otro	Administrador Contrato y Jefe terreno Moncon	Infraestructura está en estado crítico.
Ejecución	Jefe Terreno Refinería	Confiabilidad trabajo bajo el paraguas de ejecución.

B. Respuestas Sección Cualitativa Entrevistas/Encuesta

Tabla B.1: Respuestas a Pregunta N°1 Sección Cualitativa Entrevista/Encuesta Diagnóstico

Área	Cargo	¿Qué cree que limita la mejora continua de la gestión de mantenimiento en la División? ¿Qué cambiaría y por qué?
Confiabilidad y Planificación	Ingeniero	Desde mi perspectiva, la principal limitante para la mejora continua en la gestión de mantenimiento somos nosotros mismos. En la División contamos con el espacio, las herramientas y el respaldo para proponer ideas que apunten a mejorar y sumar valor. La cultura organizacional nos permite levantar iniciativas, compartir aprendizajes y buscar constantemente la excelencia. Más que cambiar algo, lo que me gustaría es que todos estemos convencidos de que el SOMA no solo es una herramienta, sino el camino que debemos seguir para alcanzar una gestión de mantenimiento de clase mundial. Cuando entendemos y aplicamos el SOMA con convicción, se transforma en una guía poderosa para lograr mejoras sostenibles, integradas y alineadas con los objetivos estratégicos de la División.
Confiabilidad y Planificación	Analista Confiabilidad	Falta de conocimientos, falta de capacitaciones y el poder difundir tanto para arriba como para abajo la información y la importancia de realizar las cosas bien, demostrar lo importante que es cada función dentro de la orgánica.
Confiabilidad y Planificación	Analista Planificación y Control Mantención	Falta de recursos
Confiabilidad y Planificación	Planificador Mantenimiento	Talvez nuestra limitante es el recurso material
Confiabilidad y Planificación	Analista Confiabilidad	El involucramiento y convencimiento de las personas. Cambiaría el seguimiento por parte de los líderes, esa falta de control permite las desviaciones.
Confiabilidad y Planificación	Analista Confiabilidad	la falta de análisis a las oportunidades, brechas y fortalezas del ciclo actual. Fortalecer la reuniones de post mantenimiento con el fin de estandarizar mejores practicas
Ejecución	Mecánico Mantención	La falta de opinión de personas que se manejan en distintas áreas, tomaría como dije antes opiniones, ideas, para poder en conjunto realizar un mejor labor y en los tiempos determinados.
Suministros	Jefe Suministros/ Turno/Terreno	En EMICOB, el cumplimiento de los KPIs, de mantenimiento supone lograr un estándar corporativo (SOMA). Sin embargo, esto nos ha empujado a buscar el límite de las posibilidades, estresando la gestión del mantenimiento, realizado acciones que nos han permitido una mejora continua, pero reciclando los recursos existentes. Los proyectos que definirán el futuro de la División requieren una gestión de la mantención con nuevos recursos, que nos permita cumplir con estos estándares, o avanzar hacia una nueva estrategia de mantenimiento.
Ejecución	Electricista	creo que como trabajadores necesitamos mas información en el tema del Soma además de capacitación
Confiabilidad y Planificación	Planificador Mantenimiento	La comunicación entre áreas, Mejoraría la comunicación entre operaciones y el área de mantenimiento
Suministros	Ingeniero	La falta de recursos, la priorización de los mismos y el involucramiento de todos los entes relacionados.
Suministros	Encargado Suministros	Pocos recursos
Ejecución	Coordinador Terreno	La poca participación en la toma de decisiones y programas de actividades en ejecución.
Suministros	Jefe Suministros/ Turno/Terreno	La carga de actividades y solicitudes operacionales. Pondría más foco en solicitudes que impacten directamente a la operación, mediante una priorización efectiva.

Continúa en la página siguiente

Área	Cargo	¿Qué cree que limita la mejora continua de la gestión de mantenimiento en la División? ¿Qué cambiaría y por qué?
Ejecución	Coordinador Terreno	Creo que hay varios puntos, pero uno de ellos es que la cultura del mantenimiento aún no se emplaza completamente en la confiabilidad de los activos críticos que tenemos en refinería y raf. Se debiese exponer y priorizar equipos según citrícidad en caso de fallas y que todos tengas esa noción y no solo los jefes de terreno y jefes de turno y a la vez hacer un mantenimiento más preventivo que reactivo.
Suministros	Jefe Suministros/ Turno/Terreno	El momento cuando se definió esta orgánica es distinto al actual , por lo tanto creo que se debe replantear los objetivos y metas de hoy para considerar los nuevos recursos
Ejecución	Jefe Turno/Terreno	La inexperiencia de los lideres jovenes
Confiabilidad y Planificación	Ingeniero de Planificación y Confiabilidad	Mucha burocracia, falta agilidad en compras, permisos, etc. Presupuesto limitado no permite ejecutar ideas buenas que se excedan en presupuesto. Se pide más presupuesto para hacer mejoras y no se acepta, te dan el mínimo para aguantar el año
Confiabilidad y Planificación	Planificadora de Mantenimiento	Falta de compromiso, interes, relevancia y herramientas. Desconocimiento del sistema SAP PM. No hay falta de capacitación. Se excusan en su rol.
Ejecución	Ingeniera Jefa de Ejecución	Con carga base se complica hacer actividades de mejora continua, se necesita menos tiempo a actividades administrativas y más a mejoras en la práctica. Las actividades de mejora realizadas en terreno por ejecución no son presentadas como oportunidades aprovechadas
Confiabilidad y Planificación	Ingeniero de Confiabilidad (ex graduado)	Equipo multifacético, ya que es equipo pequeño, quita el tiempo que se podría aplicar en mejoras. Además cultura no motivada a mejorar, se necesita más liderazgo, ya que trabajadores no tienen esa motivación. Se necesita mayor voluntad en otras zonas de apoyar a mantenimiento y no verlo como más pega.
Otro	Superintendente de Mantenimiento y Proyectos	Las competencias técnicas específicas y expertiz de los trabajadores en terreno y áreas de soporte. Se debe hacer plan de capacitación, entrenamiento aplicado y retroalimentación constante, mapear personas, saber qué habilidades tienen y las que deberían tener. Áreas de soporte necesita competencias en interpretación de datos, tendencias, ...
Suministros	Jefe Terreno Electricista	Reestructuración del personal de turno, contar con electricistas permanentes en turno 0 (Administrativo), permitiendo trabajar continuamente con un equipo en mejoras.
Confiabilidad y Planificación	Técnica en Gestión de Mantenimiento	Actitud de las personas, actitud que tenemos todos. Bajo sueldo entonces baja motivación. Se han portado mal con uno, no dan ganas de aportar. Mala comunicación. No hay rastro de información ni transparencia
Confiabilidad y Planificación	Ingeniero Experto en Confiabilidad y Estructuras	Nos limita el tiempo, todos apurados. Cada uno se genera el tiempo, pero la agenda siempre está llena. Cambiaría la priorización de los tiempos y actividades. No deberían estar presentes en todas las reuniones, solo los indicados.
Ejecución	Jefe terreno RAF, Suministros, Grúa	Muchas personas son reacias al cambio, creen que cambios no aplican a su cargo, no les corresponde usar SAP PM, etc. Antiguamente no se usaban papeles o software, solo se ejecutaba
Otro	Administrador de Contrato y Jefe terreno (Moncon)	El conocimiento, se debe capacitar al personal de mantenimiento, para una mejor información y mejor gestión
Ejecución	Jefe Terreno Refinería	Responsabilidades del modelo SOMA no están bien definidas, alcances y responsabilidades. Se debe adaptar. Lineamientos SOMA son por actitud e iniciativa
Confiabilidad y Planificación	Ingeniero Jefe de Planificación y Confiabilidad	Principal limitante es barreras creadas por ada uno al cambio. Falta de propuestas de mejora en el trabajo de cada uno
Suministros	Instrumentista (Cumple rol Coordinador)	Se necesita trabajar más en conjunto con Confiabilidad y migrar de mantenimiento preventivo a predictivo. Hay que considerar criticidad de los equipos. Se debe mejorar el Feedback entre áreas de Terreno y Confiabilidad
Suministros	Ingeniero Jefe Suministros	En confiabilidad no hay aporte, solo son capaces de hacer análisis de información, planes de mantenimiento y matrices, informe y análisis de falla, pero ¿y las acciones correctivas? Falta mayor análisis de fallas repetitivas, y confiabilidad no propone.
Otro	Coordinador de Refinería	Cosas que no se conversan. La retroalimentación positiva y negativa que hace falta en los DdD. En operaciones estos deberían hacerse todas las semanas, no se hacen hace meses.
Otro	Asesora Seguridad y Salud Ocupacional SIM	Mucha burocracia. Solicitudes pasan de un área a otra y da vueltas. Se debe dar mayor visibilidad al mantenimiento, el trabajo y mejoras que se hacen

Continúa en la página siguiente

Área	Cargo	¿Qué cree que limita la mejora continua de la gestión de mantenimiento en la División? ¿Qué cambiaría y por qué?
Suministros	Jefe Terreno Instrumentista	En esta división instrumentista debe ser electrónico, mecatrónico, ... Requiere mucha capacidad técnica. Capacitación USM fue genérica, necesitan una capacitación específica a lo que realmente se usa en terreno, capacitación del fabricante ABB.

Tabla B.2: Respuestas a Pregunta N°2 Sección Cualitativa Entrevista/Encuesta Diagnóstico

Área	Cargo	Dentro de su área de trabajo, ¿qué cambio se podría implementar que tendría el mayor impacto positivo en la gestión de mantenimiento y por qué?
Confiabilidad y Planificación	Ingeniero	Considero que existen varias oportunidades concretas para generar un impacto positivo en la gestión de mantenimiento, especialmente a través de la estandarización y el fortalecimiento de prácticas clave. Algunas de las más relevantes son: 1- Generación de estándares para la creación, seguimiento y actualización de planes de mantenimiento, lo que permitiría asegurar consistencia, trazabilidad y alineación con los objetivos operacionales. 2- Estandarización en la elaboración de informes de falla, para facilitar el análisis de causas, la toma de decisiones correctivas y la retroalimentación efectiva. 3- Fomento del uso de documentación en las notificaciones de actividades, asegurando que cada intervención quede respaldada con información técnica útil para futuras referencias. 4- Revisión periódica de los avisos planificados, lo que permitiría mantener la vigencia y pertinencia de las tareas programadas. 5- Tratamiento inmediato de los avisos con prioridad 1, garantizando una respuesta rápida ante eventos críticos que puedan afectar la continuidad operacional. 6- Mejora en la calidad de la información contenida en los avisos de mantenimiento, de modo que se facilite la planificación, ejecución y cierre de las actividades con datos precisos y completos. Implementar estos cambios no solo facilitaría el trabajo diario, sino que también contribuiría a una gestión más eficiente, segura y alineada con los principios del SOMA. Al fortalecer estos aspectos, avanzamos hacia una cultura de excelencia en mantenimiento, donde cada acción está respaldada por buenas prácticas y decisiones informadas.
Confiabilidad y Planificación	Analista Confiabilidad	No diferenciar por especialidades y tomar trabajos en conjunto, soluciones prácticas y con distintos puntos de vista que se pueden complementar.
Confiabilidad y Planificación	Analista Planificación y Control Mantención	más recursos para poder apoyar de mejor manera y tener mayor alcance en temas administrativos y/o de gestión de la SIMP, para un mejor desempeño de mantenimiento (ej. Contratos).
Confiabilidad y Planificación	Planificador Mantenimiento	Actividades recurrentes con plan de trabajo.
Confiabilidad y Planificación	Analista Confiabilidad	reforzar la gestión de datos, mejoraría la evaluación de los activos y su vida util.
Ejecución	Mecánico Mantención	Totalmente el trabajo en equipo de los diferentes grupos.
Suministros	Jefe Suministros/Turno/Terreno	El cambio de la orgánica que se adoptó debido al cierre de la Fundición, dejo al área de Suministros con una deficiente dotación Administrativa/Técnica, principalmente debido a la eliminación de los cargos de Ingeniero de Procesos y Jefe de Tratamiento de Aguas. Esto ha Impactado directamente en la coordinación del área con mantenimiento, gestión de los contratos, gestión de los repuestos, y aumento del mantenimiento no planificado, debido a la sobrecarga administrativa que se genera al concentrar esas y otras tareas en una persona. Considero que se requiere realizar un estudio dotacional que permita establecer de manera objetiva lo planteado.
Ejecución	Electricista	creo que necesitamos más recursos de materiales y repuesto.
Confiabilidad y Planificación	Planificador Mantenimiento	La generación de un aviso de calidad, porque se entregaría información clara del requerimiento, además de obtener información que ayuda a mejorar el mantenimiento.
Suministros	Ingeniero	Se rebe revisar la estructura organizacional actual.
Suministros	Encargado Suministros	Mantenciones preventivas a todos los equipos de Suministros.
Ejecución	Coordinador Terreno	Mayor participación del área de ejecución en los programas de trabajos.
Suministros	Jefe Suministros/Turno/Terreno	Si bien se logró el objetivo de disminuir la dotación del área, se eliminaron cargos claves para una eficiente gestión. Se requiere contar con un encargado o coordinador de la especialidad y un técnico especialista para actividades de alta complejidad.

Continúa en la página siguiente

Área	Cargo	Dentro de su área de trabajo, ¿qué cambio se podría implementar que tendría el mayor impacto positivo en la gestión de mantenimiento y por qué?
Ejecución	Coordinador Terreno	La orgánica que tenemos hoy en día es deficiente en un aspecto, ya que solo hay personal de turno y jefe de terreno no cuenta con apoyo tanto administrativo, planificación de actividades y el puente que se requiere con terreno (coordinadores). Es por esto que es de suma importancia poder contar con dos especialistas más en el área de instrumentación. Uno que coordine todo lo que es repuestos, actividades en terreno y avances de backlogs, aprobaciones técnicas de repuestos etc., y otro que sea apoyo para mejoras, proyectos en sistemas complejos de comunicación.
Suministros	Jefe Suministros/Turno/Terreno	Tener un coordinador de apoyo constante en turno administrativo para que realice un seguimiento a todos los sistemas de mantenimiento en los 5 procesos de Suministros y colabore con otras tareas.
Ejecución	Jefe Turno/Terreno	Mejor sinergia entre los participantes.
Confiabilidad y Planificación	Ingeniero de Planificación y Confiabilidad	Estandarizar y automatizar trabajos manuales para liberar HH, que se pueden destinar a mejoras. Se trabaja para cumplir día a día. Reportes confiabilidad u otros trabajos se pueden automatizar. Se debe centralizar información en única base de datos.
Confiabilidad y Planificación	Planificadora de Mantenimiento	2 planificadores y un programador para corto y mediano plazo, y 1 planificador y programador a largo plazo (mantención general).
Ejecución	Ingeniera Jefa de Ejecución	Mayor capacitación a las personas, definir que tanta carga administrativa es necesaria y quitar actividades sin valor agregado. Sistematizar resultados con estándares, para que mejoras perduren en el tiempo y no empeoren una vez trabajar en otra mejora.
Confiabilidad y Planificación	Ingeniero de Confiabilidad (ex graduado)	Generación temprana de avisos, mayor a 8 a 9 días. Permite crear programa con más holgura y da tiempo para invertir en mejoras. Notificación oportuna, y novedades del Jefe de Taller/Turno debe indicar la necesidad de reprogramación.
Otro	Superintendente de Mantenimiento y Proyectos	Mapear bien el fin de vida útil de los activos. Cartera de proyectos no está conectada con ciclo de vida de los activos (plan de inversiones o PND).
Suministros	Jefe Terreno Electricista	Mejorar ubicaciones técnicas en SAP PM, no generalizar y hacerlas específicas a cada componente. Con la reestructuración de SAP PM se perdió. Esto permite hacer un historial de fallas específico a cada componente del sistema, y no generalizado como ahora.
Confiabilidad y Planificación	Técnica en Gestión de Mantenimiento	Cambiar actitud de las personas, se reserva la información y más amabilidad y voluntad por parte de turnos 4x4.
Confiabilidad y Planificación	Ingeniero Experto en Confiabilidad y Estructuras	Estructura de confiabilidad debe ser revisada, se puede potenciar el personal. Falta analista en sistemas eléctricos.
Ejecución	Jefe terreno RAF, Suministros, Grúa	Forzar a viejos, se excusan de su responsabilidad. Piensan que no es su responsabilidad si no "mas pega".
Otro	Administrador de Contrato y Jefe terreno (Moncon)	El manejo de la información, y la implantación de medidas para pasar de mantenimiento predictivo a proactivo.
Ejecución	Jefe Terreno Refinería	Actitud de los mecánicos, coordinadores. No les gusta hacer trabajos de otras especialidades (mecánico, plasticista, hidráulico,...). Se debe reformar con capacitación, formación, y quitar miedo a la crítica y cambio.
Confiabilidad y Planificación	Ingeniero Jefe de Planificación y Confiabilidad	Revisión de avisos planificados en ejecución, no planificación junto con generar orden. Aumentar capacidad de notificar con documento. Estándar en gestión y actualización de planes matrices, evaluación de su calidad. Estándar en identificación de malos actores, informe de falla, que se delegue automáticamente cunado se activa aviso. Permear hacia área ejecutora la notificación de órdenes, que todos lo puedan hacer. Aumentar capacitación de trabajadores.
Suministros	Ingeniero Jefe Suministros	Área ejecutora en general tiene mala percepción de suministros.
Otro	Coordinador de Refinería	Debe haber una línea más directa, no tanta burocracia. Resolver directamente con la persona indicada (él lo hace con Yukari y Alejandro Castro).
Suministros	Jefe Terreno Instrumentista	En reuniones de priorización el listado de actividades y Backlog es muy amplio. Falta orden en qué es realmente importante según el impacto en operaciones. Si no mejora calidad de esa información, entonces predomina la solicitud directa con el operador.

Tabla B.3: Respuestas a Pregunta N°3 Sección Cualitativa Entrevista/Encuesta Diagnóstico

Área	Cargo	¿Qué otro(s) cambio(s) considera que tendría(n) un alto impacto positivo en la gestión de mantenimiento?, ¿Qué más puede ser relevante a la mejora continua de la gestión de mantenimiento de la División?
Confiabilidad y Planificación	Ingeniero	Un cambio que considero clave para generar un alto impacto positivo en la gestión de mantenimiento de la División es mejorar la sensorización de los equipos. Contar con sensores que permitan medir con precisión el tiempo efectivo de operación de los activos nos entregaría información crítica sobre su utilización, disponibilidad y desempeño real. Este tipo de monitoreo no solo facilitaría un control más exacto del ciclo de vida de los equipos, sino que también apalancaría mejoras en la reportabilidad, el análisis de datos y la toma de decisiones. Con información confiable y en tiempo real, podríamos optimizar los planes de mantenimiento, anticipar fallas, y enfocar los recursos en donde realmente se necesita. Además, esta mejora tecnológica se alinea con los principios del SOMA, permitiendo una gestión más proactiva, basada en datos y orientada a la excelencia operacional.
Confiabilidad y Planificación	Analista Confiabilidad	Definición de funciones de las distintas áreas y distintos cargos, explicar importancia de cada función dentro de la organización.
Confiabilidad y Planificación	Analista Planificación y Control Mantención	Mayores recursos y capacitación para proyectos de mejora que tengan relación con tecnología.
Confiabilidad y Planificación	Planificador Mantenimiento	Contar con un registro de fallas robusto.
Confiabilidad y Planificación	Analista Confiabilidad	Enfocar esfuerzos en la automatización de las fuentes de información y en asegurar el compromiso-participación de las áreas de Seguridad (participación reuniones), Operaciones (creación de avisos) y Abastecimiento (participación en reuniones).
Confiabilidad y Planificación	Analista Confiabilidad	capacitación.
Ejecución	Mecánico Mantención	El enfocarse en hacer trabajos de calidad, en equipo y motivando a cada trabajador para que este a la par con los que realmente queremos tirar para arriba la División.
Suministros	Jefe Suministros/Turno/Terreno	La Refinería es nuestro futuro, pero su tecnología se encuentra obsoleta. Se requiere instrumentación que permita medir variables que estén disponibles en tiempo real, en línea y en terreno que permita integrar y coordinar las necesidades de la Refinería con las áreas relacionadas, para mejorar la toma de decisiones tanto operacionales como de gestión del mantenimiento.
Ejecución	Electricista	Siempre en necesario la capacitación.
Confiabilidad y Planificación	Planificador Mantenimiento	Sería muy positivo capacitar y estandarizar la forma en que se generan los avisos en SAP PM.
Suministros	Ingeniero	Revisar efectividad y alcance de los planes de mantenimiento, no existe retroalimentación al respecto.
Suministros	Encargado Suministros	Mas personal en mantención.
Suministros	Jefe Suministros/Turno/Terreno	Dada la especialización de nuestra área, se requieren capacitaciones para todo el personal mediante cursos directos con el fabricante de equipos utilizados en la División (Ej: ABB, Siemens, IDT, etc.).
Ejecución	Coordinador Terreno	No limitar el foco de mantenimiento, ser más eficaces como área, mejorar la planificación de los activos y que estén definidos por programas según frecuencia establecida.
Suministros	Jefe Suministros/Turno/Terreno	Menos reuniones y más terreno, más trabajo in situ con los procesos creo que entregaría un conocimiento más acabado para dar soluciones más rápidas y efectivas.
Ejecución	Jefe Turno/Terreno	Buenas capacitaciones, de calidad.
Confiabilidad y Planificación	Ingeniero de Planificación y Confiabilidad	Involucrar a ejecución al SOMA. Hacerles ver la importancia de la información que entregan, ya que es info real del terreno.
Confiabilidad y Planificación	Planificadora de Mantenimiento	Mejorar reportabilidad y seguimiento de materiales. Nuevo cargo: analista de materiales. Participación jefe de terreno, mejores planes, estrategia y estándares.
Confiabilidad y Planificación	Ingeniero de Confiabilidad (ex graduado)	Órdenes de trabajo con informe de cierre debe agilizarse, tampoco hay cultura de enviar informe de cierre, ahora los sube Anneli.
Confiabilidad y Planificación	Ingeniero Experto en Confiabilidad y Estructuras	Mejorar cruce con cartera de inversión de proyectos, esta debe conversar con planes futuros de la empresa.
Ejecución	Jefe terreno RAF, Suministros, Grúa	La brecha más grande está en primera línea, en los "viejos". Debe ser lo primero en solucionarse.

Continúa en la página siguiente

Área	Cargo	¿Qué otro(s) cambio(s) considera que tendría(n) un alto impacto positivo en la gestión de mantenimiento?, ¿Qué más puede ser relevante a la mejora continua de la gestión de mantenimiento de la División?
Suministros	Instrumentista (Cumple rol Coordinador)	Cada semana la generación de avisos se hace por cada área, no en automático. Se debe separar mejor los trabajos que le corresponden a cada área.
Otro	Coordinador de Refinería	Fue dirigente sindical, él sabe que hay dinero disponible que no se usa para mejoras.
Otro	Asesora Seguridad y Salud Ocupacional SIM	Hay problema conductual, ideas nuevas no son bien recibidas, no se adoptan.
Suministros	Jefe Terreno Instrumentista	¿De qué manera Confiabilidad y Planificación afecta su trabajo y cómo lo mejoraría?, ¿Se guían por KPIs de confiabilidad en sus trabajos?, ¿Cómo es percepción de los instrumentistas respecto el SOMA?

Tabla B.4: Preguntas y respuestas específicas en entrevista de Diagnóstico

Área	Cargo	Pregunta específica	Respuesta específica
Confiabilidad y Planificación	Ingeniero de Planificación y Confiabilidad	¿De qué manera IA puede aplicarse a mantenimiento?, ¿Qué limita? ¿Se justifica costo implementación con reparación o reemplazo equipos?	Se necesita centralizar los datos y hacer proyecciones. El software Moncon es cerrado (SKF), por lo que se debe abrir para poder analizar los datos, aplicar machine learning con historial y predecir fallas. Se deben monitorear más variables. El costo de implementación no es elevado en comparación con reparación o reemplazo de equipos. Al fallo, puede afectar a otros componentes.
Confiabilidad y Planificación	Planificadora de Mantenimiento	¿Qué oportunidades identifica para desarrollar o mejorar herramientas en SAP PM que permitan mejorar calidad y acelerar gestión de información (avisos, notificaciones, órdenes)?	Mejoras en SAP PM se realizan en casa matriz mediante empresa externa. El costo no lo pagaría el corporativo. Solo se conversa lo que migra y lo que no (plataforma SAP Logon).
Ejecución	Ingeniera Jefa de Ejecución	¿De qué forma crees que se puede solucionar confiabilidad de datos SAP PM, acelerar la gestión de avisos, informe de cierre, etc.?	Mejor comunicación entre áreas y que el usuario vea disposición real. No está de acuerdo con que avisos y órdenes tomen demasiado tiempo. El ejecutor siente que se le pide más trabajo. Recomienda conversar con Jefes de Terreno. No cree que el área de Ejecución tenga buen recibimiento de la encuesta. Ven el modelo SOMA como parte de la pega, no como un aporte real.
Confiabilidad y Planificación	Ingeniero de Confiabilidad (ex graduado)	Debido a tu nueva perspectiva como graduado, ¿qué oportunidades de mejora has divisado y has insistido en aprovechar?	No ha visto ni insistido en oportunidades de mejora. Primero se dedica a entender cómo se hace el trabajo.
Otro	Superintendente de Mantenimiento y Proyectos	¿Existe metodología establecida para proponer y llevar a cabo proyectos de mejora continua?, ¿Cómo se incentiva la mejora continua?	Falta un sistema para convocar mejoras. Se ha hecho de forma puntual, no sistemática. Recomienda entrevistar a Operaciones, Abastecimiento y Seguridad.
Suministros	Jefe Terreno Electricista	¿Qué problemas enfrenta actualmente suministros a nivel de gestión que se podrían mejorar?	Suministros y mantenimiento eran áreas separadas. Al unirlas se generan barreras. Se debe reestructurar el personal del turno y separar electricistas e instrumentistas con su propia jefatura.
Confiabilidad y Planificación	Técnica en Gestión de Mantenimiento	¿Cómo se podría facilitar el flujo de información para el seguimiento y validación de actividades ejecutadas?	No existe un estándar de planilla de seguimiento. Cambia el jefe y cambia la planilla. La información está visible, pero toma mucho tiempo encontrarla y requiere insistir a las personas.
Confiabilidad y Planificación	Ingeniero Experto en Confiabilidad y Estructuras	¿Qué se podría mejorar en confiabilidad respecto al flujo de información y liderazgo?, ¿Fortalezas y debilidades de ejecución?	Debe existir flujo de información continuo. El error humano es inherente. Fortaleza de ejecución: aprenderán a futuro. Debilidad: alto porcentaje de personal aprendiz y falta de uso de herramientas adecuadas que permitan controlar la operación con precisión.

Continúa en la página siguiente

Área	Cargo	Pregunta específica	Respuesta específica
Ejecución	Jefe Terreno RAF, Suministros, Grúa	¿Cuáles son las principales dificultades del área y cómo Planificación y Confiabilidad podrían facilitar el trabajo?	Planificación y Confiabilidad no deben involucrarse si ejecución no alcanza madurez. Primero deben producirse los cambios en la ejecución misma.
Otro	Administrador de Contrato y Jefe Terreno (Moncon)	¿Es factible implementar IA para Moncon?, ¿Se puede abrir base de datos SKF?, ¿Dificultades y requisitos?	Falta recolectar información con software abierto. SKF no responde sobre exportación de datos. Se deben monitorear más variables. Menos del 50 % de los equipos son monitoreados remotamente. Los costos principales ya se realizaron.
Ejecución	Jefe Terreno Refinería	¿A qué te referías cuando dijiste que ejecución hace el trabajo de planificación y confiabilidad?	Debe cambiar la planificación del trabajo. Se espera que ejecución entregue el trabajo listo. Falta liderazgo e iniciativa. En reuniones solo se informa, no se coordina.
Confiabilidad y Planificación	Ingeniero Jefe de Planificación y Confiabilidad	¿Cómo se enseña, orienta y motiva la mejora continua?	Se orienta y motiva mediante lineamientos y objetivos comunes de superintendencia.
Suministros	Instrumentista (Cumple rol Coordinador)	¿Qué cambios harías en Confiabilidad y Planificación?, ¿Percepción del SOMA?	Se debe reforzar que todos tienen el mismo objetivo. Existe mentalidad antigua, cada área trabaja de forma aislada.
Otro	Ingeniero de Turno Operación	¿Por qué ocurren desviaciones operacionales y qué medidas recomienda?	Las desviaciones se deben a falta de coordinación y condiciones de planta. No hay instrumentación suficiente para determinar causas. En planificación falta entendimiento del terreno.
Suministros	Ingeniero Jefe Suministros	¿Cuáles son los principales problemas de suministros y cómo Planificación puede facilitar?	Planificación entrega información, pero debe mejorar su divulgación y reuniones directas. Área de costos y presupuesto SOMA es débil.
Suministros	Jefe Suministros	¿Cuál es la percepción del personal de suministros respecto el SOMA?	SOMA se usa como apoyo al mantenimiento. No se valida correctamente el trabajo ejecutado. No existe historial de fallas recurrentes. Se requiere mayor feedback y creación del cargo de Coordinador de Suministros.
Otro	Coordinador de Refinería	¿Qué medidas recomienda a Planificación y Confiabilidad para facilitar trabajo de Operaciones?	Los hallazgos deben incluir propuestas de mejora. Se pierde tiempo y recursos por descoordinación en mantenimiento.
Otro	Asesora Seguridad y Salud Ocupacional SIM	¿Qué problemas de seguridad se evidencian en la ejecución del mantenimiento?	No se observan problemas críticos de seguridad. Se podría aprovechar mejor la comunicación y disposición del área SSO.
Suministros	Jefe Terreno Instrumentista	¿Cómo afecta Confiabilidad y Planificación su trabajo y cómo mejorarlo?	Falta sinergia con Confiabilidad y Planificación. Se requieren estrategias de mantenimiento según fabricante y mayor análisis de confiabilidad. SOMA se valora, pero debe adaptarse.

C. Estándar de Formato de Plan de Mantenimiento

Introducción

El siguiente estándar se realizó junto con el Procedimiento de Revisión de Planes de Mantenimiento para guiar al equipo de Confiabilidad en la creación y actualización de planes de mantenimiento. El presente, define el formato necesario que debe tener un plan de mantenimiento, esto en el marco de la información dada en el libro SOMA, el Estándar de Datos Maestros, Capacitaciones SAP, información dada por Soporte SAP PM, etc. Para ser una pieza clave en el Procedimiento de Revisión de Planes de Mantenimiento, permitiendo determinar si el plan de mantenimiento requiere ser actualizado o no por razones de formato.

Objetivo

Definir clara y estructuradamente el formato necesario de un plan de mantenimiento, todos sus objetos técnicos, y la pauta de mantenimiento asociada.

Código de colores

Agregar que, en las siguientes páginas se utiliza el siguiente código de colores para indicar cómo debe llenarse cada una de las casillas indicadas.

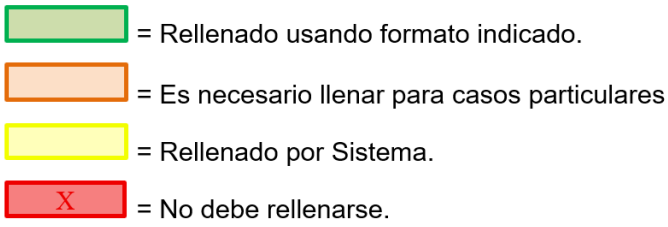


Figura C.1: Código de Colores de llenado
Fuente: Elaboración propia

C.1. Formato de Plan de Mantenimiento

Un Plan de Mantenimiento es un objeto técnico que contiene toda la información necesaria para programar y ejecutar las actividades de mantenimiento requeridas para mantener un equipo en condiciones operativas óptimas, de acuerdo con los resultados esperados del proceso, la optimización de los costos de mantenimiento y el cumplimiento de estándares de seguridad y protección ambiental.

Su implementación y control se gestionan mediante un software de planificación de recursos empresariales. En el caso de EMICOB, se utiliza SAP PM, módulo del sistema SAP que permite la gestión integral del mantenimiento de activos a través de la planificación, ejecución y control de actividades correctivas, preventivas y predictivas, además de almacenar la información necesaria para el posterior análisis de brechas y mejora continua.

Cada Plan de Mantenimiento se compone de distintos objetos técnicos y documentos necesarios para la correcta gestión de información dentro del plan. Estos siguen la siguiente estructura y descripción:



Figura C.2: Estructura y Descripción de Objetos Técnicos de un Plan de Mantenimiento
Fuente: Elaboración propia

Los Planes de Mantenimiento, Posiciones y Hojas de Ruta son Objetos técnicos del software SAP PM, a diferencia de la Pauta de Mantenimiento, que es un documento que se lleva físicamente para guiar la intervención en terreno.

Dependiendo de la complejidad del Equipo, este puede tener uno o varios Planes de Mantenimiento, que se distinguen entre sí según los diferentes tipos de mantenimiento e intervención (se ve con mayor detalle en la Tabla C.2).

Según las diferentes especialidades existentes en la intervención del plan y las distintas frecuencias de mantenimiento, se crean las distintas posiciones. Cada uno de estas, puede tener asociadas variadas Hojas de Ruta dependiendo de las necesidades del Equipo. Estas se almacenan en Grupos de Hoja de Ruta. SAP le crea un código al grupo, y dentro de cada uno de ellos se separan las distintas Hojas de Ruta en base al Contador de Grupo de Hoja de Ruta:

Esto se ve representado en el siguiente diagrama:

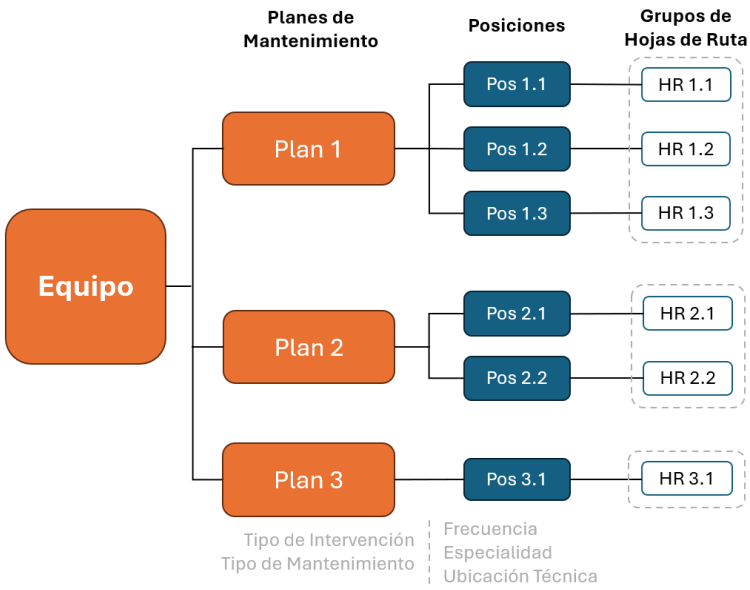


Figura C.3: Estructura de un Plan de Mantenimiento
Fuente: Elaboración propia

Este diagrama es representativo y busca indicar la manera de crear un plan y sus objetos técnicos, ya que puede variar en cantidad de planes o posiciones en base a las necesidades del equipo.

Este diagrama permite notar que:

- En la medida de lo posible, **se recomienda un plan por cada equipo**, ya que permite jerarquizar las distintas operaciones que estén asociadas a distintos paquetes de mantenimiento, perdurando las operaciones que tengan la mayor frecuencia. Si se tiene más de un plan por equipo, y coinciden operaciones, aparecen por sistema ambas, dificultando la planificación. Existen excepciones a esta regla, dependiendo de las necesidades del equipo y el tipo de intervención o el tipo de mantenimiento (MGA, MRT, PPL, Mtto, INSP), pero se debe considerar que esto complejiza la programación, por lo que se debe buscar tener el mínimo de planes de mantenimiento por equipo.
- Por cada plan de mantenimiento, se puede contener tantas posiciones como sea necesario, según las distintas frecuencias y especialidades en la intervención.
- Además, cada plan de mantenimiento debe tener asociado un único grupo de hoja de ruta, y dentro de cada grupo de hoja de ruta, debe ir asociado una hoja de ruta (contador) por cada posición (una única Posición y Hoja de Ruta representa un mismo puesto de trabajo).

Además, se debe considerar, que cada una de las Hojas de Ruta está compuesta por operaciones las cuales son gestionadas posteriormente por el planificador del área en forma de órdenes de trabajo. Ya que trabaja con una gran cantidad de Hojas de ruta, se debe considerar incorporar **solo una operación por Hoja de Ruta**. Esto ya que la gestión del planificador es por cada operación, y como estrategia de la División, se considera tener la mínima cantidad de operaciones para no sobrecargar el trabajo de planificación, y tener el **detalle de la intervención en la Pauta de Mantenimiento**.

Para familias de equipos idénticos que tengan las mismas necesidades de mantenimiento, se considera realizar una única pauta y hojas de ruta, que indique las intervenciones necesarias. Estas deben ser llamadas por los distintos planes de mantenimiento de los equipos.

C.1.1. Pauta de Mantenimiento

Una pauta de mantenimiento es un documento que contiene toda la información necesaria para guiar en terreno la ejecución de las actividades de mantenimiento. El objeto técnico con mayor nivel de detalle debe ser la pauta de mantenimiento (y no la Hoja de ruta con más de una operación), de modo que el ejecutor pueda realizar la intervención de forma correcta y completa utilizando exclusivamente la información disponible en este documento. La pauta de mantenimiento debe elaborarse utilizando el formato definido a continuación. En los siguientes apartados se describen las secciones que la componen y se presenta un ejemplo de su correcto llenado.

Alcance General Mantenimiento

En esta sección se indica la información general más relevante del plan. **Todo debe rellenarse**.



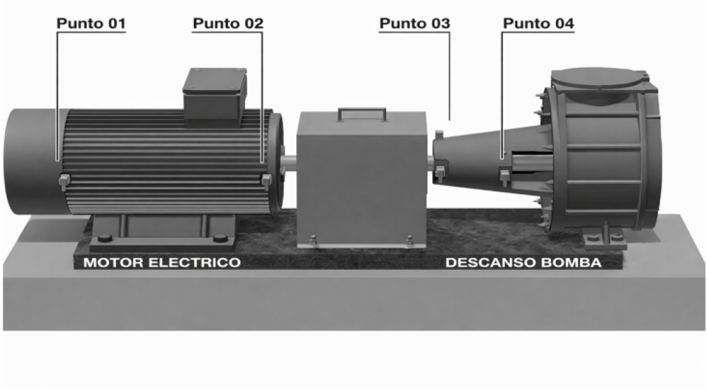
- **N° OT:** Corresponde al número de la orden de trabajo, mediante el cual es posible realizar seguimiento a su estado dentro de SAP.
- **Actividad de mantenimiento:** Indica un resumen general de la actividad de mantenimiento descrita en la pauta.
- **Clase de actividad:** Hace referencia a la especialidad asociada a la tarea definida en la pauta. Por ejemplo, si la pauta corresponde a una inspección o mantenimiento de lubricación, la clase de actividad será "Lubricación".
- **División:** Indica la división de Codelco donde se encuentra el activo sobre el cual se realizará la actividad.
- **Área:** Corresponde al sector o área específica dentro de la división donde se ubica el activo.
- **Ubicación técnica:** Detalla la ubicación del activo mediante un código técnico definido en el sistema.
- **N° Revisión:** Indica la cantidad de veces que la pauta de mantenimiento ha sido actualizada y la versión a la que corresponde.
- **Tag equipos:** Identificador único del equipo o activo asociado a la actividad de mantenimiento.
- **Nombre de equipo:** Nombre del activo al cual se le realiza la actividad descrita en la pauta.
- **Estrategia de mantenimiento:** Tipo de mantenimiento definido para la actividad, pudiendo corresponder a mantenimiento preventivo, predictivo o correctivo.
- **Oportunidad de ejecución:** Momento o condición en la que puede llevarse a cabo la actividad especificada en la pauta.
- **Frecuencia:** Periodicidad con la que debe ejecutarse la actividad de mantenimiento.
- **Estatus del equipo a intervenir:** Estado operacional requerido o actual del equipo para realizar la intervención.
- **Puesto de trabajo responsable:** Código del puesto de trabajo de la persona responsable de supervisar la intervención.

- **Descripción del puesto de trabajo responsable:** Cargo o función de la persona encargada de la supervisión de la actividad.
- **Especialidad responsable:** Especialidad técnica responsable de la ejecución y supervisión de la actividad.
- **Especialidad de apoyo (si aplica):** Especialidad técnica adicional requerida para apoyar la ejecución de la actividad.
- **Puesto de trabajo del ejecutor:** Código del puesto de trabajo de la persona encargada de realizar la intervención.
- **Descripción del puesto de trabajo ejecutor:** Cargo o función de la persona que ejecuta la actividad de mantenimiento.
- **N° de personas por equipo:** Cantidad de personas requeridas para ejecutar la intervención en un equipo.
- **Duración por equipo:** Tiempo estimado para la ejecución de la actividad de mantenimiento.
- **Trabajo por equipo:** Cantidad de horas-hombre (HH) requeridas para realizar la actividad, calculadas como el producto entre el número de personas y la duración de la intervención.

Diagrama o Esquema General de Equipo o Sistema a Intervenir

Debe incluir una imagen, o una representación esquemática del equipo o sistema donde se ejecutará mantenimiento. Se debe indicar el proceso en su contexto, y sus componentes relevantes para la intervención.

2 DIAGRAMA O ESQUEMA GENERAL DE EQUIPO O SISTEMA A INTERVENIR

EQUIPO O SISTEMA	DIAGRAMAS / ESQUEMAS / IMAGENES
Bomba de circulación refineria.	

- **Equipo o sistema:** Identifica el sistema o subsistema al cual pertenece el equipo considerado en la pauta de mantenimiento.
- **Diagramas, esquemas o imágenes:** Presentan de forma gráfica el proceso o sistema asociado al equipo, describiendo su funcionamiento e indicando la ubicación o participación del activo dentro del proceso.

Aplicabilidad de Pauta de Mantenimiento en las siguientes Áreas y Equipos

Se debe indicar las ubicaciones técnicas y equipos en las que esta pauta de mantenimiento aplica.

2.1 APLICABILIDAD DE PAUTA DE MANTENIMIENTO EN LAS SIGUIENTES AREAS Y EQUIPOS

N°	UT'S aplicables		EQUIPO	TAG EQUIPO
1	FVFR-ER-CRE-CHM-BBA12	FVFR-ER-CRE-CHM-BBA13	Bombas circuito hojas madres	
2	FVFR-ER-CRE-CN1-BBA06	FVFR-ER-CRE-CN1-BBA07	Bombas circuito N°1	
3	FVFR-ER-CRE-CN2-BBA10	FVFR-ER-CRE-CN2-BBA11	Bombas circuito N°2	
4	FVFR-ER-CRE-CN3-BBA08	FVFR-ER-CRE-CN3-BBA09	Bombas circuito N°3	
5	FVFR-ER-CRE-CN4-BBAC1	FVFR-ER-CRE-CN4-BBAC2	Bombas circuito N°4	
6	FVFR-ER-CRE-CN5-BBA51	FVFR-ER-CRE-CN5-BBA52	Bombas circuito N°5	
7	FVFR-ER-CRE-CN6-BBA61	FVFR-ER-CRE-CN6-BBA62	Bombas circuito N°6	

Lista de Materiales y Repuestos

Se detalla los materiales y repuestos necesarios para realizar la intervención, detallando su código en SAP.

3 LISTA DE MATERIALES & REPUESTOS

N°	CODIGO SAP	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CANT.	UN.
1	11054576	Lubricador Automático Motor Eléctrico	2	c/u
2	66600654	Shell Omala S4 GX 220 (Tambor 208l; 1 tambor para todos los trabajos)	1	c/u
3	77700693	Gasa Gadus S3 V220C 2 (18[kg])	1	c/u

Actividades Inspección y/o Mantenimiento

Se indica la serie de actividades por realizar durante la ejecución. Posteriormente, esta sección debe ser llenada por el ejecutor en terreno, tachando ✓si se completó con normalidad, y × si se completó con observaciones.

4.1 ACTIVIDADES INSPECCIÓN Y/O MANTENIMIENTO — Normal ☑ Con Observaciones ☒

N°	SISTEMA	COMPONENTE	DESCRIPCION DE ACTIVIDAD	LIMITE ACEPTABLE	ESTATUS
1	143-SC-121 143-SC-122 143-SC-123 143-SC-124	Eje Cardán	Lubricar con 15,4 grs de grasa en base a Litio grado NLGI2 cada punto eje cardan (02 puntos). De acuerdo a indicaciones del fabricante se recomienda utilizar una grasa con complejo de litio con un grado NLGI 2 y con un punto de goteo mínimo de 185°C. **Recomendaciones:** - No olvidar limpiar los fitting previo a la actividad de lubricación. - No mezclar con distintos tipos de grasa. - Utilizar Grasa Gadus S3 V220C 2; Punto de goteo 240°C, la cual registra un excelente estabilidad mecánica bajo condición de vibración.	Todos los fitting engrasados. Aplicación de una única grasa	
2		Excitatriz	Cambiar aceite de todas las excitatrices de los equipos vibratorios respetando el nivel y cantidad correcta en cada componente: • 143-SC-121: 28 Litros (2 excitatrices) • 143-SC-122: 44 Litros (3 excitatrices) • 143-SC-123: 44 Litros (3 excitatrices) • 143-SC-124: 07 Litros (01 excitatriz)	Cambio de aceite sin fugas	

Listado de Avisos Generados por Hallazgo u Observación

Lista de avisos generados por ejecutor debido a situaciones encontradas durante la intervención de mantenimiento detallado en la pauta. Se debe indicar el número de aviso, el tipo y una breve descripción.

4.2 LISTADO DE AVISOS GENERADOS POR HALLAZGO U OBSERVACIÓN

N°	Nº AVISO	TIPO DE AVISO	DESCRIPCIÓN DEL HALLAZGO U OBSERVACIÓN
1	XYXYXYXY	NP	En reapriete de pernos se detecta perno cortado. Se realiza cambio de componente
2	ZYZYZYZYZ	PL	Se detecta desgaste en zona "WCSYYS" del equipo se requiere planificar cambio
3			

Responsables Ejecución Mantenimiento y/o Inspección

Se detalla las personas involucradas en la ejecución de mantenimiento, y otros datos personales, como su cargo, empresa, área y N°SAP para ejecutores propios. Al terminar la intervención, todos deben firmar en este apartado.

4.3 RESPONSABLES EJECUCIÓN MANTENIMIENTO Y/O INSPECCIÓN

N°	NOMBRE Y APELLIDO	CARGO	EMPRESA	N°SAP	FIRMA
1	Ramón Bugueño	Mecánico	Conveyor Maintenance	n/a	
2	Edgardo Bello	Ayudante Mecánico	Conveyor Maintenance	n/a	
3					
4					
5					

SUPERVISOR RESPONSABLE COLABORADOR

NOMBRE Y APELLIDO	CARGO	EMPRESA	FIRMA
Alejandro Herrera	Supervisor	Conveyor Maintenance	

SUPERVISOR RESPONSABLE CODELCO

NOMBRE Y APELLIDO	CARGO	N°SAP	AREA	FIRMA
Nicolas Oyarzun	Jefe de Unidad	1108924	Concentradora	

Control de Revisiones

Se indican las revisiones, o modificaciones realizadas a la pauta. Quien lo hizo, quien revisó y quién aprueba la actualización. En la sección de comentarios se indica el detalle de la actualización.

CONTROL DE REVISIONES – PAUTA DE MANTENIMIENTO					
REVISIÓN	FECHA	PREPARÓ	REVISÓ	APROBÓ	COMENTARIOS
1	13-01-2022	Juan Perez	Pablo Perez	Claudio Perez	Pauta lubricación de Sistema Motriz de Equipos Vibratorios

C.1.2. Hoja de Ruta

Una hoja de ruta es un objeto técnico del software SAP PM, que indica las operaciones a realizar y en donde se hace la designación de los recursos necesarios para realizarlas, como los materiales, puesto de trabajo ejecutor, etc.

En esta se debe rellenar los datos de cabecera, las operaciones, materiales y documento MAF.

Datos de cabecera

En los Datos de Cabecera de una Hoja de Ruta nos encontramos con lo siguiente:

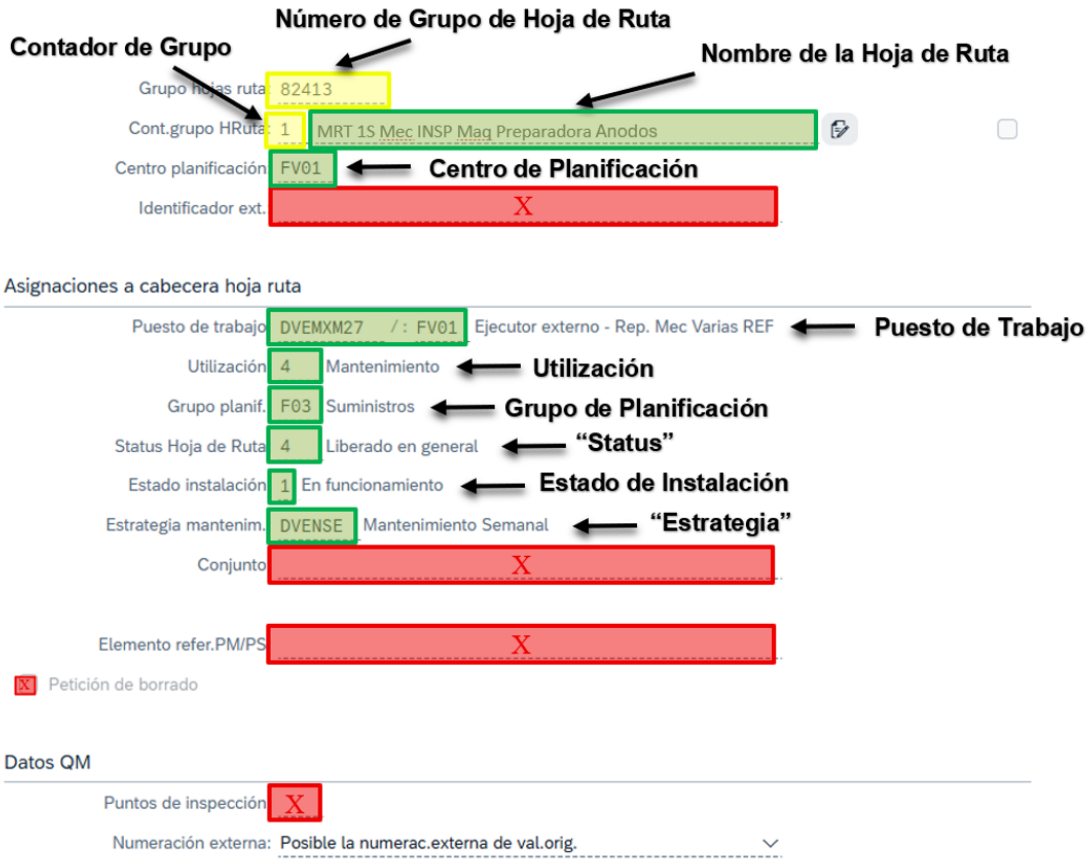


Figura C.4: Datos de Cabecera Hoja de Ruta

Fuente: Elaboración propia

Notar que el "Grupo de Hojas de Ruta" y el "contador se crean automáticamente por el sistema. En particular para el nombre de hoja de ruta, **se sigue el mismo nombre que la posición de mantenimiento**, es decir, con el siguiente formato:

Tipo Intervención + Frecuencia + Especialidad + Tipo de Mtto + Nombre Local Equipo

Tabla C.1: Detalle Nombre de Hoja de Ruta

Tipo	Objetivo	Opciones	Qué significa
Tipo Intervención	Indicar a qué programación corresponde la intervención	MGA	Mantenimiento General Anual
		PPL	Parada de Planta
		MRT	Mantenimiento Rutinario (plan semanal)
Frecuencia	Indicar la reiteración con la que se realiza el plan.	XS (Ej: 1S, 2S,...,52S)	Se realiza el plan cada X semanas
Especialidad	Indicar especialidad del área ejecutora que hace la intervención.	Mec	Mecánica
		Inst	Instrumentista
		Ele	Eléctrica
		Monc	Moncon
		Lub	Lubricación
Tipo de Mtto	Indicar el tipo de intervención por realizar.	Mtto	Mantenimiento (ejecutar cambios)
		INSP	Inspección (no ejecutar cambios)
Nombre Local Equipo	Indicar brevemente el equipo donde realizar la intervención.	–	–

Ejemplo de nombre con correcto formato:

MRT 4S Mec INSP Bba Electrolito BBA-010

Para los demás apartados, se debe llenar considerando la siguiente información (considerar código de colores indicado en la Figura C.1):

Se debe llenar en Datos de Cabecera de Hoja de Ruta	Descripción/Observación	Que se debe ingresar
Centro de Planificación	Se indica el centro responsable de la planificación.	**FV01**
Puesto de Trabajo	Debe estar indicado el puesto de trabajo ejecutor. Seleccionar de lista desplegable disponible en sistema.	Clase puesto de trabajo: **0003**. Elegir de lista desplegable
Utilización	Se indica el tipo de utilización de esta Hoja de Ruta.	**4** (Mantenimiento)
Grupo de Planificación	Se indica el departamento responsable de la planificación.	**F01:** Confi. y Plani. **F02:** Ejecución **F03:** Suministros
Status Hoja de Ruta	Se indica si está en creación, o la forma de liberarse en sistema la Hoja de Ruta.	**4** (Liberado en General)
Estado de instalación	Indica la condición necesaria del equipo para intervenir.	**0:** Equipo debe estar detenido (mantenimiento) **1:** Equipo debe estar en funcionamiento (inspección)
Estrategia	Estrategia SAP de Mantenimiento	**DVENSE**

No se debe llenar en Datos de Cabecera de Hoja de Ruta
Identificador ext.
Conjunto
Elemento refer.PM/PS
Petición de borrado
Puntos de inspección
Numeración externa

Operaciones

En concreto para esta División de EMICOB, **cada hoja de ruta debe contener únicamente una operación**. Se considera llenado por sistema lo que ya fue indicado en Datos de Cabecera. Se ve lo siguiente:

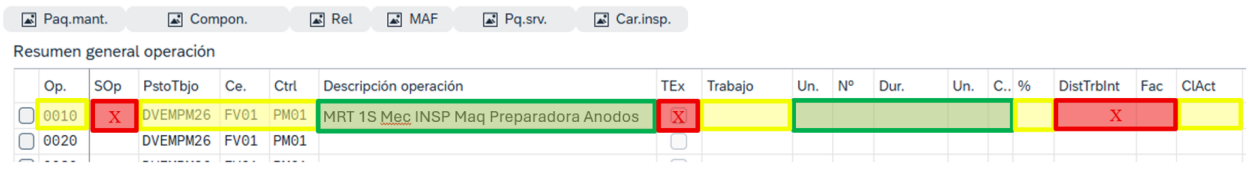


Figura C.5: Operaciones Hoja de Ruta
Fuente: Elaboración propia

Este apartado debe llenarse considerando la siguiente información (considerar código de colores indicado en la Figura C.1):

Se debe llenar en Operaciones de Hoja de Ruta	**Descripción/Observación**	**Que se debe ingresar**
Descripción operación	Se indica el nombre de la operación de la Hoja de Ruta	**Utilizar el mismo nombre que la Hoja de Ruta.**
Unidad de Trabajo (Un.)	Se indica la unidad de medida del Trabajo necesario para la intervención.	**H**
Número de personas (N°)	Se ingresa la cantidad de personas necesarias para la intervención.	**1, 2, 3, etc.**
Duración de la actividad (Dur.)	Se indica la duración de la intervención.	**1; 1,5; 10; etc.** (Puede ser números decimales)
Unidad de la duración (Un.)	Se indica la unidad de medida de la duración de la intervención	**H**
Clave de cálculo (Cv.C)	Se indica al sistema con un código la manera de calcular en trabajo.	**2**

No se debe llenar en Operaciones de Hoja de Ruta
SOp
Texto Explicativo (TEx)
Distribución Trabajo Interno (DistTrnInt)
Factor Ejecución (Fac)

Llenado por sistema en Operaciones de Hoja de Ruta
Operación (Op)
Puesto de Trabajo Ejecutor (PstoTbjo)
Centro de Planificación (Ce.)
Clave de Control (Ctrl)
Trabajo
Porcentaje (%)
Clase de Actividad (ClAct)

Materiales

De ser necesario, se puede ingresar a la Hoja de Ruta los materiales que se deben usar. Para ello, se debe ingresar al apartado "Compon" en la Operación que requiera material. Consultar cómo ingresar a este apartado y rellenar en el video *"IA05_ Crear Hoja de Ruta"*.

Documento MAF

Cada Hoja de Ruta en su Operación debe contener las Pautas de Mantenimiento asociadas. Para ello, se debe ingresar al apartado "MAF" en la Operación Deseada. Consultar cómo ingresar a este apartado y rellenar en el video *"IA05_ Crear Hoja de Ruta"* y las presentaciones *"Guía Rápida DMS Versión B2"* y *"Guia Rápida para tener acceso al Sharepoint de mantenimiento (Usuario) 1"* contenidas en la misma carpeta que este archivo.

C.1.3. Plan de Mantenimiento

Al ingresar la transacción SAP IP18 para visualizar tanto los Planes de Mantenimiento como Posiciones asociadas, se presenta la información del plan de mantenimiento separado en tres secciones de la siguiente manera:

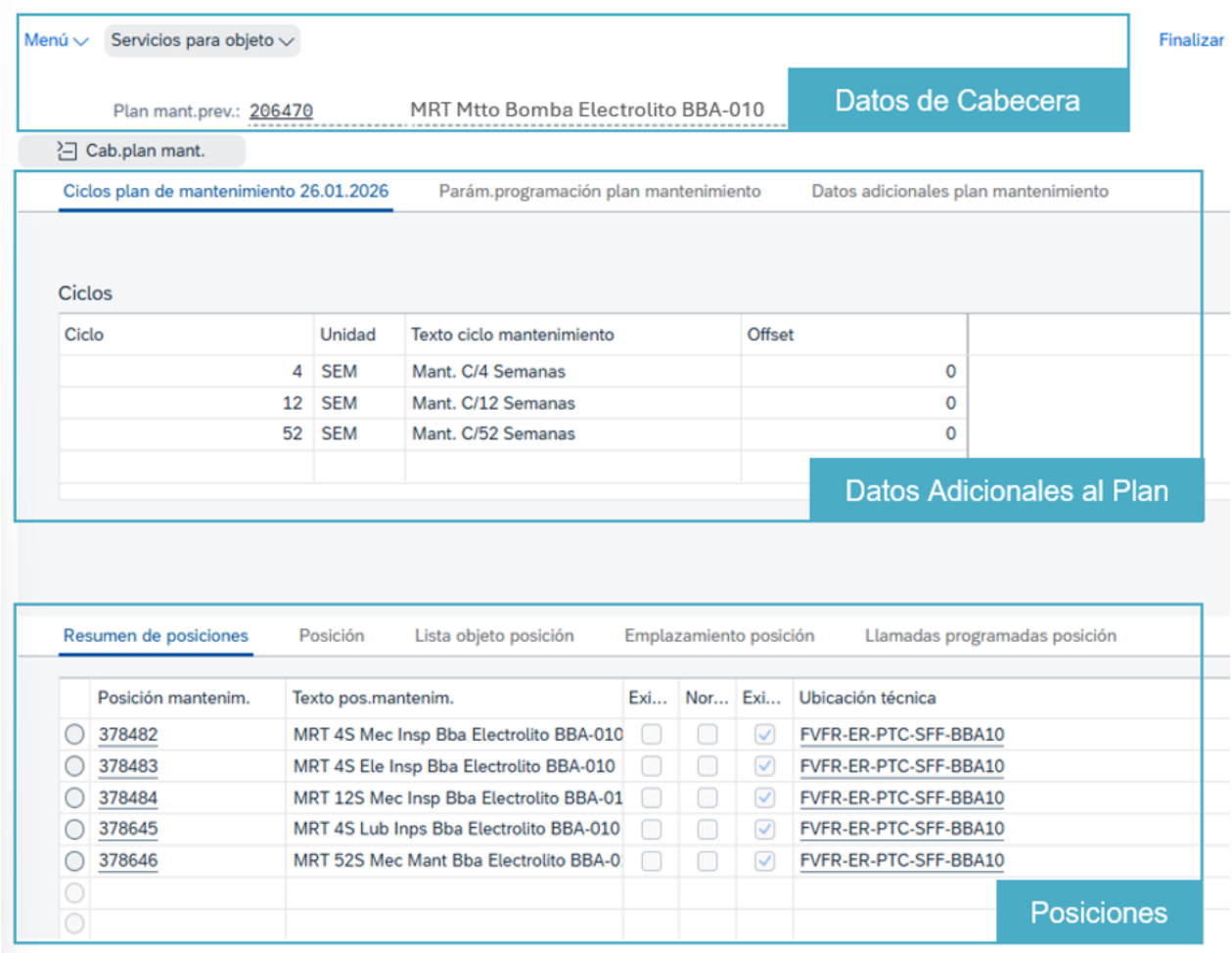


Figura C.6: Partes de un Plan de Mantenimiento
Fuente: Elaboración propia

Las primeras dos secciones son datos del plan de mantenimiento, la tercera es sobre las posiciones asociadas al plan. Además, algunas de las secciones tienen una serie de pestañas, de las cuales algunas

son editables y otras presentan la información contenida de otra forma. Por lo tanto, al cuidar el formato de las pestañas editables, se cuida el formato de todo el plan de mantenimiento. **Se debe verificar entonces únicamente el formato de las siguientes secciones y pestañas editables**:

Datos de Cabecera

En esta sección, los únicos datos son:

- **Código del plan:** Este se genera automáticamente por sistema en su creación.
- **Nombre del plan de mantenimiento:** Se debe seguir el siguiente formato:

Tipo Intervención + Tipo de Mtto + Nombre Local Equipo

Tabla C.2: Detalles Nombre Plan de Mantenimiento

Tipo	Objetivo	Opciones	Qué significa
Tipo Intervención	Indicar a qué programación corresponde la intervención	MGA	Mantenimiento General Anual
		PPL	Parada de Planta
		MRT	Mantenimiento Rutinario (plan semanal)
Tipo de Mtto	Indicar el tipo de intervención por realizar.	Mtto	Mantenimiento (ejecutar cambios)
		INSP	Inspección (no ejecutar cambios)
Nombre Local Equipo	Indicar brevemente el equipo donde realizar la intervención.	–	–

Ejemplo de nombre con correcto formato:

MRT Mtto Bomba Electrolito BBA-010

Ciclos de Plan de Mantenimiento

En esta sección se indican los distintos ciclos de trabajo considerados en el plan de mantenimiento. Cabe destacar, que estos datos se generan automáticamente con la creación de las hojas de ruta asociadas, por lo que no es una pestaña editable.

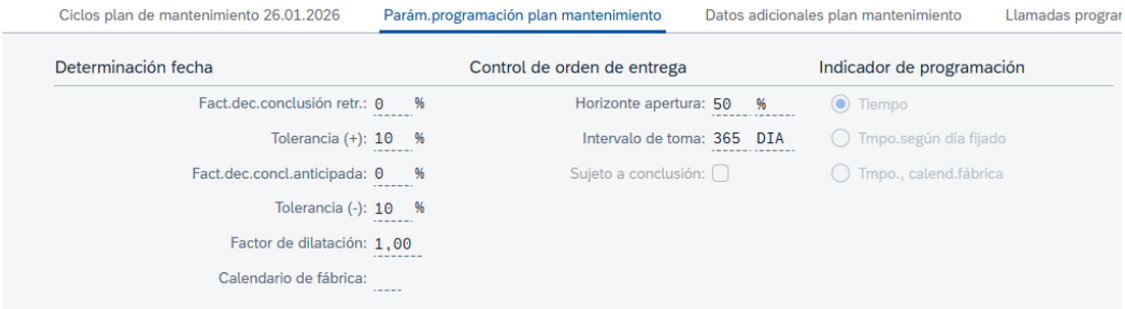
Parámetros de Programación de Plan de Mantenimiento

Esta pestaña contiene los parámetros que permiten regular y modificar la programación de las órdenes del plan de mantenimiento. De forma resumida, estos parámetros se describen de la siguiente manera:

- **Factor de decalaje en conclusión retrasada (FCR) y factor de decalaje en conclusión anticipada (FCA):** Indican qué porcentaje del decalaje debe incorporarse al cálculo de la siguiente fecha programada, es decir, cuánto puede adelantarse o retrasarse una intervención respecto de la fecha prevista. Estos factores sólo se aplican cuando la desviación entre la fecha teórica y la fecha real supera los límites de tolerancia establecidos.
- **Tolerancia en conclusión retrasada (TR) y tolerancia en conclusión anticipada (TA):** Definen el intervalo de tiempo dentro del cual las desviaciones entre las fechas reales y planificadas no afectan la programación posterior. La tolerancia retrasada considera desviaciones positivas, mientras que la tolerancia anticipada considera desviaciones negativas.
- **Factor de dilatación (FDL):** Permite ajustar la periodicidad de un plan de mantenimiento sin modificar su valor base. Un factor de dilatación mayor que 1 aumenta la duración de los ciclos de mantenimiento, mientras que un valor menor que 1 los reduce.
- **Intervalo de toma (IT):** Define el horizonte temporal futuro dentro del cual el sistema debe generar las órdenes de trabajo asociadas al plan de mantenimiento. Este parámetro debe especificarse junto con su respectiva unidad de tiempo.
- **Horizonte de apertura con tomas del plan de mantenimiento (HA):** Indica el momento en que se genera la orden de trabajo, expresado como un porcentaje de la periodicidad del plan. Algunos casos extremos son:
  - **100 %:** La orden de trabajo se genera el mismo día en que corresponde ejecutar la intervención.
  - **0 %:** La orden de trabajo se genera al finalizar el período anterior.
- **Sujeto a conclusión:** Esta opción sólo debe seleccionarse para aquellos planes matrices asociados al reemplazo o cambio de componentes, de manera que la programación posterior dependa de la finalización efectiva de la intervención.
- **Indicador de programación (FC):** Permite definir la clase de programación que utilizará el plan de mantenimiento o especificar un conjunto de ciclos de mantenimiento asociados.

Los parámetros de programación se heredan de las estrategias de forma predeterminada, utilizando generalmente lo siguientes valores:

Figura C.7: Parámetros de Programación



Sin embargo, se pueden cambiar basado en los escenarios. Guiarse por la siguiente tabla (de *Estándar Datos Maestros Módulo PM*):

Tabla C.3: Tabla para modificar los Parámetros de Programación

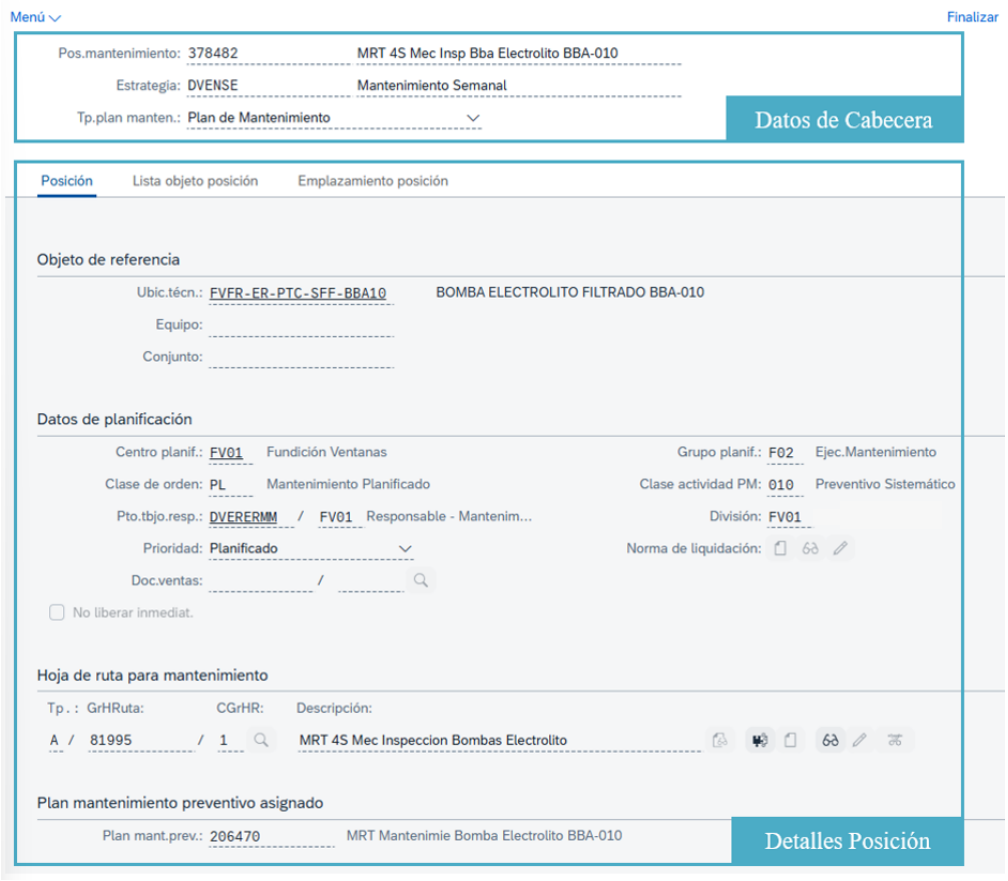
ESCENARIO	FCA	TA	FCR	TR	FDL	IT	HA	FC	CUANDO	RAZÓN
Tarea de estatutos (Legal-Normativa)	100%	0%	100%	0%	1	1A	0%		Se requiere una tarea que debe hacerse con un intervalo establecido.	El cumplimiento tardío no se puede montar con una inspección anticipada la próxima vez. Del mismo modo, una finalización temprana no significa que el período de inspección se puede aumentar la próxima vez
Tarea Semanal	0%	0%	0%	0%	1	1A	0%		Se requiere una tarea semanal que se relaciona con la confiabilidad de un activo	Las Órdenes de trabajo son llamadas con anticipación antes de que se pueda tener un cambio en el programa.
Tarea Mensual	100%	0%	100%	0%	1	5A	50%		Se requiere una tarea mensual que se relaciona con la confiabilidad de un activo	Una inspección retrasada no puede montarse por una inspección anticipada la próxima vez. Esto no aumentará la confiabilidad pero desperdiciaría presupuesto de mantenimiento. Una tarea completada anticipadamente, si conlleva un período más largo a la próxima tarea, podría poner en riesgo la confiabilidad
Tarea Mensual Fecha Clave	0%	0%	0%	0%	1	5A	0%	X	Se requiere una tarea mensual que siempre cae en el mismo día del mes.	Las Órdenes de trabajo son llamadas con anticipación de acuerdo con una fecha establecida.

ESCENARIO	FCA	TA	FCR	TR	FDL	IT	HA	FC	CUANDO	RAZÓN
Tarea anual	100%	0%	100%	0%	1	5A	50%		Se requiere una tarea anual que se relaciona con la confiabilidad de un activo	Una inspección retrasada no puede montarse por una inspección anticipada la próxima vez. Esto no aumentará la confiabilidad pero desperdiciaría presupuesto de mantenimiento. Una tarea completada anticipadamente, si conlleva un período más largo a la próxima tarea, podría poner en riesgo la confiabilidad.
Inspecciones	100%	0%	100%	0%	1	5A	0 -100% (Definido por Usuario)		Un servicio Mayor que requiere tiempo prolongado o una planificación	Una inspección retrasada no puede montarse por una inspección anticipada la próxima vez. Esto no aumentará la confiabilidad pero desperdiciaría presupuesto de mantenimiento. Una tarea completada anticipadamente, si conlleva un período más largo a la próxima tarea, podría poner en riesgo la confiabilidad

C.1.4. Posición

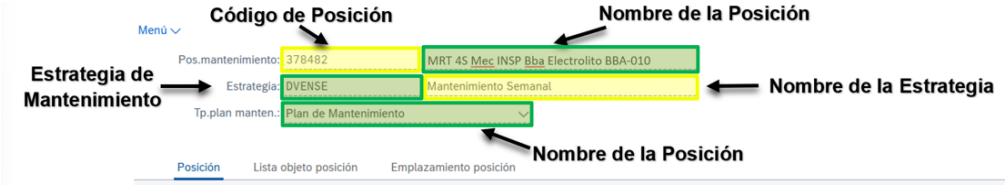
Una posición de mantenimiento tiene sus datos de cabecera y los detalles de la posición. De esta última, solo se debe editar la pestaña expuesta en la imagen:

Tabla C.4: Partes de una Posición de Mantenimiento



Datos de Cabecera

Tabla C.5: Datos de Cabecera Posición de Mantenimiento



En cuanto a el nombre de la posición, esta debe seguir el formato:

Tipo Intervención + Frecuencia + Especialidad + Tipo de Mtto + Nombre Local Equipo

Cada una de estas categorías se describen en la siguiente tabla (según Estándar de Datos Maestros):

Tabla C.6: Estructura de codificación del plan de mantenimiento

Tipo	Objetivo	Opciones	Qué significa
Tipo Intervención	Indicar a qué programación corresponde la intervención	MGA	Mantenimiento General Anual
		PPL	Parada de Planta
		MRT	Mantenimiento Rutinario (plan semanal)
Frecuencia	Indicar la reiteración con la que se realiza el plan.	XS (Ej: 1S, 2S,...,52S)	Se realiza el plan cada X semanas
Especialidad	Indicar especialidad del área ejecutora que hace la intervención.	Mec	Mecánica
		Inst	Instrumentista
		Ele	Eléctrica
		Monc	Moncon
		Lub	Lubricación
Tipo de Mtto	Indicar el tipo de intervención por realizar.	Mtto	Mantenimiento (ejecutar cambios)
		INSP	Inspección (no ejecutar cambios)
Nombre Local Equipo	Indicar brevemente el equipo donde realizar la intervención.	–	–

Ejemplo de nombre con correcto formato:

MRT 4S Mec INSP Bba Electrolito BBA-010

El resto de este apartado debe llenarse considerando la siguiente información (considerar código de colores indicado en la Figura C.1):

Se debe llenar en Datos de Cabecera de Posición	Descripción/Observación	Que se debe ingresar
Estrategia	Estrategia SAP de Mantenimiento	**DVENSE**
Tipo de Plan de Mantenimiento	Debe seleccionarse de la lista desplegable	**Plan de Mantenimiento**

Llenado por sistema en Datos de Cabecera Posición de Mantenimiento
Código de Posición
Nombre de la Estrategia

Detalles Posición

En esta, se indica los principales datos de la posición con el siguiente formato:

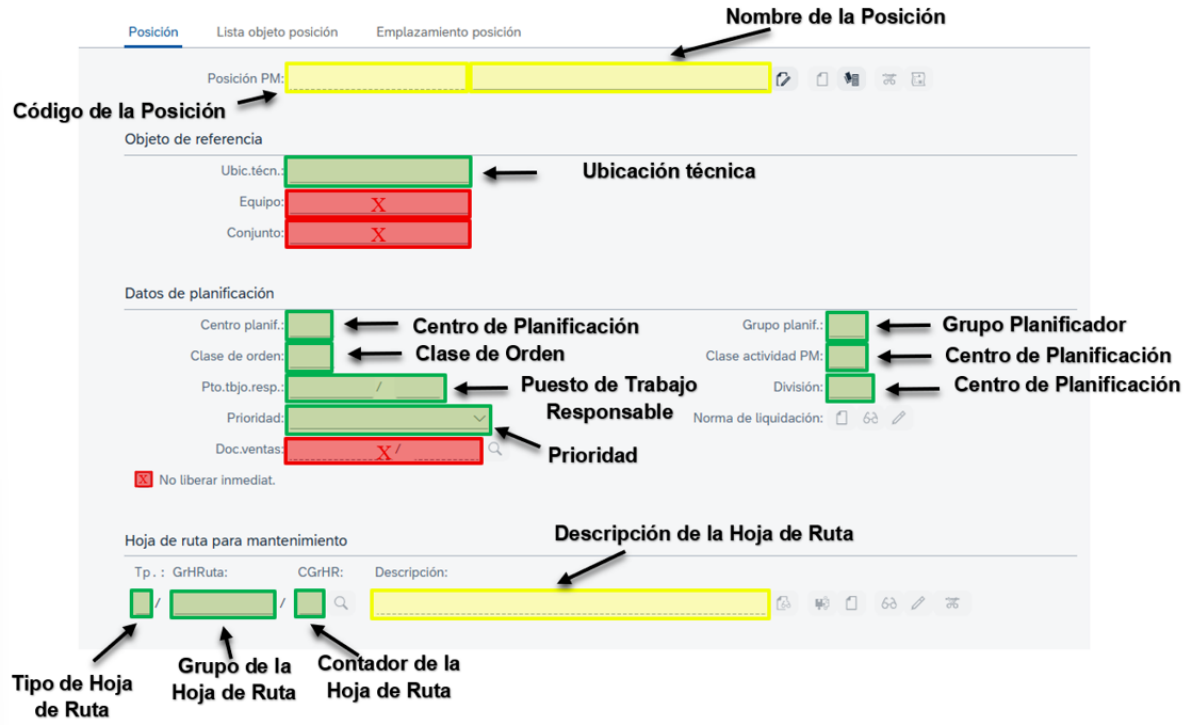


Figura C.8: Posición de mantenimiento
Fuente: Elaboración propia

Este apartado debe llenarse considerando la siguiente información (considerar código de colores indicado en la Figura C.1):

Se debe llenar en Detalles Posición	Descripción/Observación	Que se debe ingresar
Ubicación técnica	Indicar según el lugar en el que se debe efectuar una actividad de mantenimiento.	Código de Ubicación Técnica
Centro de planificación	Se indica el centro responsable de la planificación.	**FV01**
Clase de orden	Se refiere al tipo de Orden de Trabajo que se usará para las órdenes creadas por el plan	**PL** (Mantenimiento Planificado)
Puesto de trabajo responsable	Indica a la persona o área responsable de la ejecución de la actividad del Objeto Técnico	Clase puesto de trabajo: **0005**. Elegir de lista desplegable
Prioridad		**Planificado**
Grupo de Planificación	Se indica el departamento responsable de la planificación.	**F01:** Confiab. y Planific. **F02:** Ejecución **F03:** Suministros
Clase de actividad PM	Indicar el tipo de actividad a realizar	**010**
División		**FV01**
Tipo de Hoja de Ruta	Se indica el tipo de hoja de ruta a asociar.	**A**
Grupo de la Hoja de Ruta	Solo si ya se tienen cargadas las hojas de ruta en sistema	Código del grupo de la hoja de ruta deseada.
Contador de la Hoja de Ruta	Solo si ya se tienen cargadas las hojas de ruta en sistema	Contador de grupo de la hoja de ruta deseada.

Llenado por sistema en Detalles Posición
Código de Posición
Nombre de la Posición
Descripción de la Hoja de Ruta (una vez vinculada)

No se debe llenar en Detalles Posición
Equipo
Conjunto
Documento de ventas
No liberar inmediatamente

D. Material guía

Análogamente al Estándar de Formato de Plan de Mantenimiento, se utilizó el siguiente código de colores para indicar qué parte de la planilla debe ser llenada, cual parte no, y qué parte debe ser llenada para casos particulares:

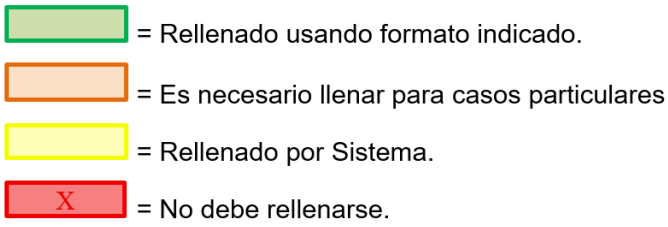


Figura D.1: Código de colores de llenado
Fuente: Elaboración propia

Tal como indica la Figura 32.7, luego de actualizar el RCM del equipo en cuestión, se procede a realizar el despliegue del plan de mantenimiento en sistema. Para ello, se consideran dos métodos de carga, carga masiva y carga manual.

D.1. Carga Masiva

Se hace carga masiva utilizando unas planillas Excel con un formato específico y la ayuda de Soporte SAP PM.

Se recomienda realizar carga masiva, especialmente cuando se crearán o actualizarán más de tres planes de mantenimiento. Este es el método preferente, ya que permite una carga más rápida y asistida por **Soporte SAP PM** (consultar la Sección 15).

El proceso se realiza mediante dos planillas Excel denominadas "Planilla Carga Hoja de Ruta" y "Planilla Carga Planes y Posiciones". Ambas deben completarse según los requerimientos del plan. Primero se debe cargar la planilla de Hojas de Ruta y luego se debe cargar la planilla de Planes y Posiciones, ya que una vez que se encuentren las Hojas de Ruta creadas en el sistema se pueden asignar a los Planes y Posiciones usando la Planilla.

Las planillas son cargadas al sistema por Soporte SAP PM, que genera los objetos técnicos en SAP a partir de la información ingresada. Por lo tanto, el formato y la correcta estructura de llenado impactan directamente en el resultado final en el sistema. Este método permite mayor eficiencia que la carga manual, pero exige especial cuidado en el formato para todos los objetos técnicos que se busque cargar en sistema.

D.1.1. Planilla Carga Hoja de Ruta

Esta planilla Excel contiene cuatro hojas, llamadas "Cabecera", "Operaciones", "Paquetes" y "Materiales". En cada una de ellas se debe indicar los datos relevantes a cada una de esas partes de la Hoja de Ruta.

Cabecera

Esta hoja sigue el siguiente formato:



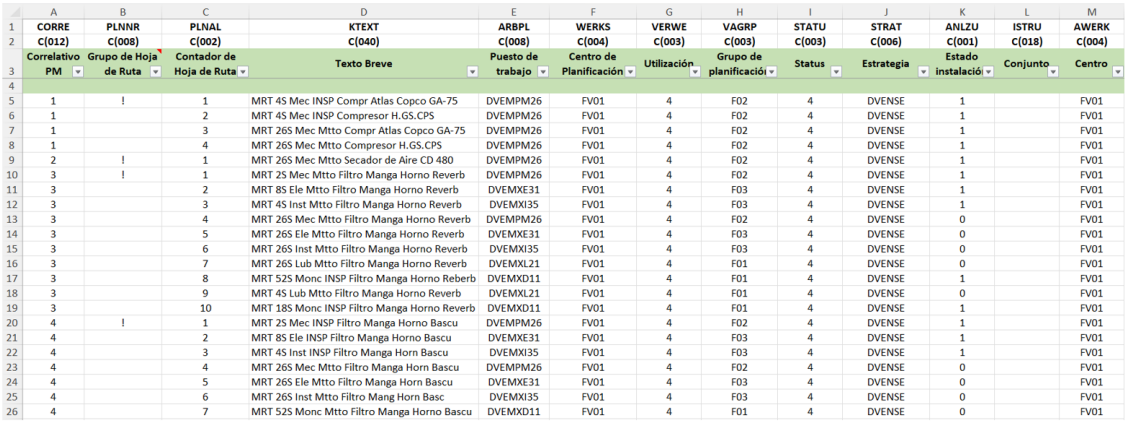
Figura D.2: Datos de Cabecera Hoja de Ruta (Planilla Carga Masiva)
Fuente: Elaboración propia

Cada fila representa una de las hojas de ruta que se crearán, y las columnas los distintos datos que deben ser llenados para cada una. En las siguientes tablas se indican los datos que deben llenarse para cada fila y con qué formato debe hacerse (considerar código de colores indicado en la Figura C.1):

Se debe llenar en Cabecera Planilla Carga Hoja de Ruta	**Descripción/Observación**	**Que se debe ingresar**
Correlativo PM	Se indica con distintos números naturales, los distintos grupos de hojas de ruta. Se debe usar el mismo número para hojas de ruta del mismo grupo.	**1,2,3, etc.** El mismo valor para el mismo grupo de Hoja de Ruta.
Grupo de Hoja de Ruta	Se indica con el símbolo "!", cuando es necesario crear un nuevo grupo de hoja de ruta.	**"!":** Cuando inicia una nueva Hoja de Ruta. Nada: Se está en el mismo grupo de hoja de ruta que en la fila anterior.
Contador de Hoja de Ruta	Se indica los distintos contadores para el mismo grupo de hoja de ruta (indicado en Correlativo PM).	**1,2,3, etc.** Para el mismo grupo de Hoja de Ruta.
Texto Breve	Se indica el nombre de la Hoja de Ruta.	Según el **Estándar de Formato de Plan de Mantenimiento.**
Puesto de trabajo	Se indica el puesto de trabajo ejecutor de la intervención.	Se debe ingresar el código del puesto de trabajo ejecutor según el **Estándar de Formato de Plan de Mantenimiento.**
Centro de Planificación	Se indica centro en donde se planifica la orden.	**FV01**
Utilización	Se indica el tipo de uso de la Hoja de Ruta.	**4**
Grupo de Planificación	Se indica el departamento responsable de la planificación.	**F01:** Confiab. y Planific. **F02:** Ejecución **F03:** Suministros
Status	Se indica el estado de la Hoja de Ruta creada.	**4** (Liberado en general)
Estrategia	Se indica la estrategia de mantenimiento SAP usada.	**DVENSE**
Estado instalación	Indicar con un código binario si el equipo para realizarse la intervención debe estar en funcionamiento o fuera de servicio.	**0:** Fuera de servicio **1:** En funcionamiento
Centro	Centro donde se ejecuta intervención.	FV01

No se debe llenar en Cabecera Planilla Carga Hoja de Ruta
Conjunto

Ejemplo de esta hoja de la planilla bien llenada:



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	CORRE	PLNNR	PLNAL	KTEXT	ARBPL	WERKS	VERWE	VAGRP	STATU	STRAT	ANLZU	ISTRU	AWERK
2	C(012)	C(008)	C(002)	C(040)	C(008)	C(004)	C(003)	C(003)	C(003)	C(006)	C(001)	C(018)	C(004)
3	Correlativo PM	Grupo de Hoja de Ruta	Contador de Hoja de Ruta	Texto Breve	Puesto de trabajo	Centro de Planificación	Utilización	Grupo de planificació	Status	Estrategia	Estado instalació	Conjunto	Centro
4													
5	1	!	1	MRT 4S Mec INSP Compr Atlas Copco GA-75	DVEMPM26	FV01	4	F02	4	DVENSE	1		FV01
6	1		2	MRT 4S Mec INSP Compresor H.GS.CPS	DVEMPM26	FV01	4	F02	4	DVENSE	1		FV01
7	1		3	MRT 26S Mec Mtto Compr Atlas Copco GA-75	DVEMPM26	FV01	4	F02	4	DVENSE	1		FV01
8	1		4	MRT 26S Mec Mtto Compresor H.GS.CPS	DVEMPM26	FV01	4	F02	4	DVENSE	1		FV01
9	2	!	1	MRT 26S Mec Mtto Secador de Aire CD 480	DVEMPM26	FV01	4	F02	4	DVENSE	1		FV01
10	3	!	1	MRT 2S Mec Mtto Filtro Manga Horno Reverb	DVEMPM26	FV01	4	F02	4	DVENSE	1		FV01
11	3		2	MRT 8S Ele Mtto Filtro Manga Horno Reverb	DVEMXE31	FV01	4	F03	4	DVENSE	1		FV01
12	3		3	MRT 4S Inst Mtto Filtro Manga Horno Reverb	DVEMXI35	FV01	4	F03	4	DVENSE	1		FV01
13	3		4	MRT 26S Mec Mtto Filtro Manga Horno Reverb	DVEMPM26	FV01	4	F02	4	DVENSE	0		FV01
14	3		5	MRT 26S Ele Mtto Filtro Manga Horno Reverb	DVEMXE31	FV01	4	F03	4	DVENSE	0		FV01
15	3		6	MRT 26S Inst Mtto Filtro Manga Horno Reverb	DVEMXI35	FV01	4	F03	4	DVENSE	0		FV01
16	3		7	MRT 26S Lub Mtto Filtro Manga Horno Reverb	DVEMXL21	FV01	4	F01	4	DVENSE	0		FV01
17	3		8	MRT 52S Monc INSP Filtro Manga Horno Reberb	DVEMXD11	FV01	4	F01	4	DVENSE	1		FV01
18	3		9	MRT 4S Lub Mtto Filtro Manga Horno Reverb	DVEMXL21	FV01	4	F01	4	DVENSE	0		FV01
19	3		10	MRT 18S Monc INSP Filtro Manga Horno Reverb	DVEMXD11	FV01	4	F01	4	DVENSE	1		FV01
20	4	!	1	MRT 2S Mec INSP Filtro Manga Horno Bascu	DVEMPM26	FV01	4	F02	4	DVENSE	1		FV01
21	4		2	MRT 8S Ele INSP Filtro Manga Horno Bascu	DVEMXE31	FV01	4	F03	4	DVENSE	1		FV01
22	4		3	MRT 4S Inst INSP Filtro Manga Horn Bascu	DVEMXI35	FV01	4	F03	4	DVENSE	1		FV01
23	4		4	MRT 26S Mec Mtto Filtro Manga Horn Bascu	DVEMPM26	FV01	4	F02	4	DVENSE	0		FV01
24	4		5	MRT 26S Ele Mtto Filtro Manga Horn Bascu	DVEMXE31	FV01	4	F03	4	DVENSE	0		FV01
25	4		6	MRT 26S Inst Mtto Filtro Mang Horn Basc	DVEMXI35	FV01	4	F03	4	DVENSE	0		FV01
26	4		7	MRT 52S Monc Mtto Filtro Manga Horno Bascu	DVEMXD11	FV01	4	F01	4	DVENSE	0		FV01

Figura D.3: Ejemplo Datos de Cabecera Hoja de Ruta (Planilla Carga Masiva)
Fuente: Elaboración propia

En la primera columna se indica el primer, segundo, tercer y cuarto grupo de hoja de ruta por ingresar. En la segunda columna se indica con "!" cuando se cambia entre los distintos grupos, y en la tercera columna se indica el contador de la hoja de ruta respectiva en cada grupo. Por lo tanto, para este ejemplo existen 4 grupos de hojas de ruta, cada uno con 4, 1, 10 y 7 hojas distintas.

Operaciones

En esta hoja se indican las Operaciones que debe contener la Hoja de Ruta. Se sigue el siguiente formato (separado en dos imágenes por la extensión de la hoja):

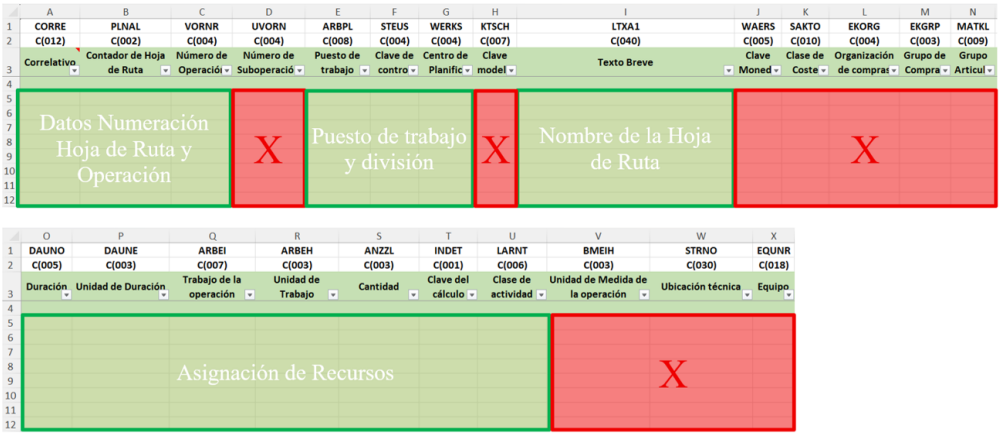


Figura D.4: Operaciones Hoja de Ruta (Planilla Carga Masiva)
Fuente: Elaboración propia

Como se mencionó anteriormente, debe haber una Operación por Hoja de Ruta (contador), por lo que las primeras dos columnas deben indicar los mismos valores contenidos en la hoja "Cabecera", plasmándose además en la misma cantidad de filas que esta hoja.

Se debe ingresar los datos restantes considerando lo siguiente:

Se debe llenar en Operaciones Planilla Carga Hoja de Ruta	**Descripción/Observación**	**Que se debe ingresar**
Correlativo	Se debe indicar lo mismo que la primera columna de la hoja "Cabecera".	**1,2,3, etc.** El mismo valor para el mismo grupo de Hoja de Ruta.
Contador de Hoja de Ruta	Se debe indicar lo mismo que la primera columna de la hoja "Cabecera"	**1,2,3, etc.** Para el mismo grupo de Hoja de Ruta.
Número de Operación	Se indica el número de operación por ingresar a la hoja de ruta.	**0010** (Únicamente una operación por Hoja de Ruta)
Puesto de trabajo	Se indica el puesto de trabajo ejecutor de la intervención.	Se debe ingresar el código del puesto de trabajo ejecutor según el **Estándar de Formato de Plan de Mantenimiento.**
Clave de control	Código se indica para determinar el uso que se le quiere dar a la Hoja de Ruta	**PM01**
Centro de Planificación	Se indica centro en donde se planifica la orden.	**FV01**
Texto Breve.	Se indica el nombre de la Hoja de Ruta (debe ser el mismo indicado en Hoja "Cabecera").	Según el **Estándar de Formato de Plan de Mantenimiento.**
Duración	Duración en **horas** de la intervención a ejecutar. Puede ser números decimales.	**1; 1,5; 10; etc.**
Unidad de Duración	Unidad de medida usada para la duración.	**H**
Trabajo de la operación	Resultante de duración por cantidad (HH).	=Duración*Cantidad
Unidad de Trabajo	Unidad de medida usada para el trabajo.	**H**
Cantidad	Cantidad de ejecutores necesarios para la intervención. Números enteros	**1, 2, 3, etc.**
Clave del cálculo	Código numérico que indica a SAP cómo hacer el cálculo de la cantidad de Trabajo	**2** (Duración*Cantidad)
Clase de actividad	Se relaciona con centros de costos disponibles para	**XPLPL** (Mantenimiento preventivo Trabajo planificado) **XPLST** (Servicio Taller)

No se debe llenar en Operaciones Planilla Carga Hoja de Ruta
Número de Suboperación
Clave modelo
Clave Moneda
Clave de Coste
Organización de compras
Grupo de Compras
Grupo Articulo
Unidad de Medida de la operación
Ubicación técnica
Equipo

Ejemplo de esta hoja de la planilla bien llenada:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	CORRE	PLNAL	VORNR	UVORN	ARBPL	STEUS	WERKS	KTSCH	LTXA1	WAERS	SAKTO	EKORG	EKGRP	MATKL
2	C(012)	C(002)	C(004)	C(004)	C(008)	C(004)	C(004)	C(007)	C(040)	C(005)	C(010)	C(004)	C(003)	C(009)
3	Correlativo	Contador de Hoja de Ruta	Número de Operació	Número de Suboperació	Puesto de trabajo	Clave de contro	Centro de Planific	Clave model	Texto Breve	Clave Moned	Clase de Coste	Organización de compras	Grupo de Compra	Grupo Articul
4														
5	1	1	0010		DVEMPM26	PM01	FV01		MRT 4S Mec Insp Compr Atlas Copco GA-75					
6	1	2	0010		DVEMPM26	PM01	FV01		MRT 4S Mec Insp Compresor H.GS.CPS					
7	1	3	0010		DVEMPM26	PM01	FV01		MRT 26S Mec Mant Compr Atlas Copco GA-75					
8	1	4	0010		DVEMPM26	PM01	FV01		MRT 26S Mec Mant Compresor H.GS.CPS					
9	2	1	0010		DVEMPM26	PM01	FV01		MRT 26S Mec Mant Secador de Aire CD 480					
10	3	1	0010		DVEMPM26	PM01	FV01		MRT 2S Mec Filtro Manga Horno Reverb					
11	3	2	0010		DVEMXE31	PM01	FV01		MRT 8S Elec Filtro Manga Horno Reverb					
12	3	3	0010		DVEMXI35	PM01	FV01		MRT 4S Inst Filtro Manga Horno Reverb					

	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
1	DAUNO	DAUNE	ARBEI	ARBEH	ANZZL	INDET	LARNT	BMEIH	STRNO	EQUNR
2	C(005)	C(003)	C(007)	C(003)	C(003)	C(001)	C(006)	C(003)	C(030)	C(018)
3	Duración	Unidad de Duración	Trabajo de la operación	Unidad de Trabajo	Cantidad	Clave del cálculo	Clase de actividad	Unidad de Medida de la operación	Ubicación técnica	Equipo
4										
5	0,5	H	0,5	H	1	2	XPLPL			
6	0,5	H	1	H	1	2	XPLPL			
7	2	H	4	H	2	2	XPLPL			
8	2	H	4	H	2	2	XPLPL			
9	1	H	2	H	2	2	XPLPL			
10	2	H	4	H	2	2	XPLPL			
11	0,5	H	1,0	H	2	2	XPLST			
12	0,8	H	1,6	H	2	2	XPLST			

Figura D.5: Ejemplo Operaciones Hoja de Ruta (Planilla Carga Masiva)
Fuente: Elaboración propia

Paquetes

En esta hoja, se debe indicar el paquete de la estrategia de mantenimiento DVENSE que corresponde con la frecuencia de la Hoja de Ruta por crear. La hoja sigue el siguiente formato:

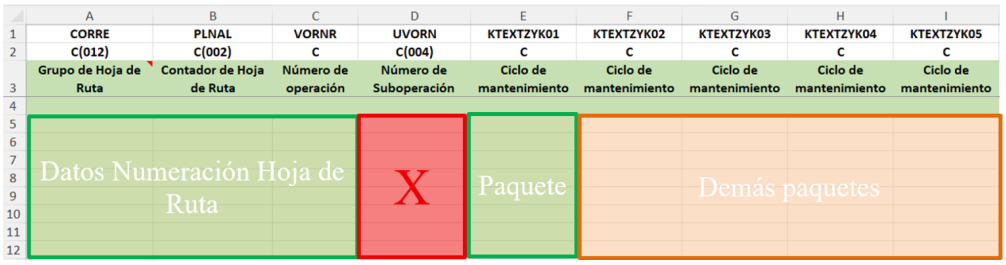


Figura D.6: Paquetes Hoja de Ruta (Planilla Carga Masiva)
Fuente: Elaboración propia

Esta hoja se debe rellenar considerando lo siguiente:

Se debe llenar en Paquetes Planilla Carga Hoja de Ruta	**Descripción/Observación**	**Que se debe ingresar**
Correlativo	Se debe llenar según la página "Cabecera".	**1,2,3, etc.** El mismo valor para el mismo grupo de Hoja de Ruta.
Contador de Hoja de Ruta	Se debe llenar según la página "Cabecera".	**1,2,3, etc.** Para el mismo grupo de Hoja de Ruta.
Número de Operación	Se debe llenar según la página "Operaciones".	**0010** (Únicamente una operación por Hoja de Ruta).
Ciclo de mantenimiento	Indicar las frecuencias que necesita la hoja de ruta por crear. En lo que respecta la División, **se rellena únicamente la primera columna,** pero se puede ingresar hasta 4 frecuencias más según la necesidad de la Hoja de Ruta, pero rara vez es necesario.	Apelar al "Texto corto del ciclo" del paquete de la estrategia DVENSE (primera columna de la imagen siguiente). 

No se debe llenar en Paquetes Planilla Carga Hoja de Ruta
Número de Suboperación

Llenar en casos particulares en Paquetes Planilla Carga Hoja de Ruta
Demás casillas de Ciclo de Mantenimiento

Ejemplo:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	CORRE	PLNAL	VORNR	UVORN	KTEXTZYK01	KTEXTZYK02	KTEXTZYK03	KTEXTZYK04	KTEXTZYK05
2	C(012)	C(002)	C	C(004)	C	C	C	C	C
3	Grupo de Hoja de Ruta	Contador de Hoja de Ruta	Número de operación	Número de Suboperación	Ciclo de mantenimiento	Ciclo de mantenimiento	Ciclo de mantenimiento	Ciclo de mantenimiento	Ciclo de mantenimiento
4									
5	1	1	0010		04				
6	1	2	0010		04				
7	1	3	0010		26				
8	1	4	0010		26				
9	2	1	0010		26				
10	3	1	0010		02				
11	3	2	0010		08				
12	3	3	0010		04				

Figura D.7: Ejemplo Paquetes Hoja de Ruta (Carga Masiva)
Fuente: Elaboración propia

Materiales

En esta hoja se debe ingresar la necesidad de materiales de las Hojas de Ruta por crear. Esta hoja se debe llenar siempre y cuando se tenga necesidad de material. Si no es el caso, entonces se debe dejar vacía. Si se debe llenar, entonces se sigue el siguiente formato:



Figura D.8: Materiales Hoja de Ruta (Carga Masiva)
Fuente: Elaboración propia

Esta hoja se debe rellenar considerando lo siguiente:

Llenar en casos particulares en Materiales Planilla Carga Hoja de Ruta	**Descripción/Observación**	**Qué se debe ingresar**
Correlativo	Se debe llenar según la página "Cabecera".	**1,2,3, etc.** El mismo valor para el mismo grupo de Hoja de Ruta.
Contador de Hoja de Ruta	Se debe llenar según la página "Cabecera".	**1,2,3, etc.** Para el mismo grupo de Hoja de Ruta.
Número de Operación	Se debe llenar según la página "Operaciones".	**0010** (Únicamente una operación por Hoja de Ruta).
Número de Material	Indicar el número del material necesario para intervención	Código SAP del Material.
Cantidad	Indicar cantidad según las necesidades intervención	**1,2,3, etc.** (Números enteros)

No se debe llenar en Materiales Planilla Carga Hoja de Ruta
Conjunto

Ejemplo:

	A	B	C	D	E	F
1	**CORRE**	**PLNAL**	**VORNR**	**IDNRK**	**MENGE**	**IHBGR**
2	**C(012)**	**C(002)**	**C(004)**	**C(018)**	**C(017)**	**C(018)**
3	**Correlativo**	**Contador de Hoja de Ruta**	**Número de Operación**	**Número de Material**	**Cantidad**	**Conjunto**
4	1	1	0010	1140551	4	
5	1	2	0010	1140596	6	
6	1	3	0010	1140546	3	
7	1	4	0010	1140568	8	
8	2	1	0010	1140557	9	
9	3	1	0010	1140564	7	
10	3	2	0010	1140572	8	
11	3	3	0010	1140554	10	
12	3	4	0010	1140545	7	

Figura D.9: Ejemplo Materiales Hoja de Ruta (Carga Masiva)
Fuente: Elaboración propia

D.1.2. Planilla Carga Planes y Posiciones

Plan

En esta hoja se indican los datos generales necesarios para el plan de mantenimiento. Se sigue el siguiente formato (separado en dos imágenes por la extensión de la hoja):

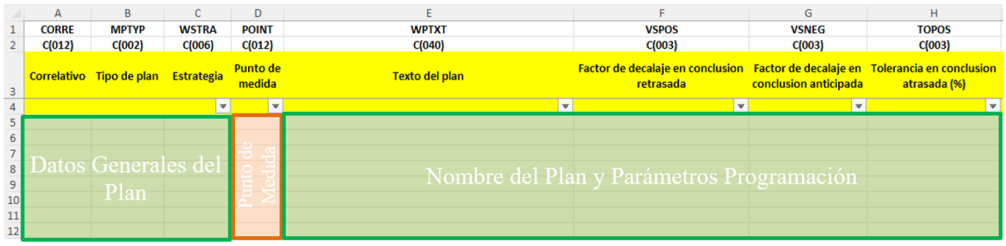




Figura D.10: Plan Planilla Carga Planes y Posiciones
Fuente: Elaboración propia

En esta hoja se deben ingresar los datos necesarios considerando lo siguiente:

Se debe llenar en Plan Planilla Carga Planes y Posiciones	**Descripción/Observación**	**Que se debe ingresar**
Correlativo PM	Indica Plan de Mantenimiento por crear. Debe coincidir con indicado en Planilla Hoja de Ruta.	**1, 2, 3, etc.**
Tipo de plan	Se debe indicar el tipo de plan a crear. Para este contexto, plan de mantenimiento.	**PM**
Estrategia	Estrategia de mantenimiento SAP a usar en el plan.	**DVENSE**
Texto del Plan	Nombre del Plan de Mantenimiento	Debe seguir formato establecido en **Estándar de Formato de Plan de Mantenimiento.**
Factor de decalaje en conclusión retrasada	Llenar según ***Estándar de Formato de Plan de Mantenimiento.***	Valor en escala **0-100**
Factor de decalaje en conclusión anticipada	Llenar según ***Estándar de Formato de Plan de Mantenimiento.***	Valor en escala **0-100**
Tolerancia en conclusión atrasada (%)	Llenar según ***Estándar de Formato de Plan de Mantenimiento.***	Valor en escala **0-100**
Tolerancia en conclusión anticipada (%)	Llenar según ***Estándar de Formato de Plan de Mantenimiento.***	Valor en escala **0-100**
Factor de dilatación	Llenar según ***Estándar de Formato de Plan de Mantenimiento.***	Valor decimal lo más cercano a 1 posible según caso.
Intervalo de toma	Llenar según ***Estándar de Formato de Plan de Mantenimiento.***	Valor entero.
Unidad intervalo de toma	Indicar la unidad utilizada en el intervalo de toma.	**AÑO, MES, SEM, DIA**
Horizonte de apertura	Llenar según ***Estándar de Formato de Plan de Mantenimiento.***	Valor en escala **0-100**

Llenar en casos particulares en Plan Planilla Carga Planes y Posiciones	**Descripción/Observación**	**Qué se debe ingresar**
Punto de medida	Código de punto de medida usado para estrategias basadas en uso.	**Código de punto de medida.**
Sujeto a conclusión	Se indica si es que se quiere que el plan genere próxima orden únicamente cuando se cierre la anterior.	**x**
Fecha inicio	Se indica la fecha desde cuando se quiere que tome vigencia el plan.	**DD-MM-AAAA**
Valor inicial de contador	Valor inicial del contador del Punto de Medida	**Valor**

Ejemplo:

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	CORRE	MPTYP	WSTRA	POINT	WPTXT	VSPOS	VSNEG	TOPOS
2	C(012)	C(002)	C(006)	C(012)	C(040)	C(003)	C(003)	C(003)
3	Correlativo	Tipo de plan	Estrategia	Punto de medida	Texto del plan	Factor de decalaje en conclusion retrasada	Factor de decalaje en conclusion anticipada	Tolerancia en conclusion atrasada (%)
4								
5	1	PM	DVENSE		MRT INSP inf CTO 1 Nivel -2 Machinery	0	0	10
6	2	PM	DVENSE		MRT INSP inf CTO 1 Nivel -1 Subterráneo	0	0	10
7	3	PM	DVENSE		MRT INSP inf CTO 1 Nivel 1 cubas/piso	0	0	10
8	4	PM	DVENSE		MRT INSP inf CTO 1 Nivel 2 TK elevados	0	0	10
9	5	PM	DVENSE		MRT INSP inf CTO 1 Nivel 3 pasillo grúas	0	0	10
10	6	PM	DVENSE		MRT INSP inf CTO 2 Nivel -2 Machinery	0	0	10
11	7	PM	DVENSE		MRT INSP inf CTO 2 Nivel -1 Subterráneo	0	0	10
12	8	PM	DVENSE		MRT INSP inf CTO 2 Nivel 1 cubas/piso	0	0	10
13	9	PM	DVENSE		MRT INSP inf CTO 2 Nivel 2 TK elevados	0	0	10
14	10	PM	DVENSE		MRT INSP inf CTO 2 Nivel 3 pasillo grúas	0	0	10
15	11	PM	DVENSE		MRT INSP inf CTO 3 Nivel -2 Machinery	0	0	10
16	12	PM	DVENSE		MRT INSP inf CTO 3 Nivel -1 Subterráneo	0	0	10

	I	J	K	L	M	N	O	P
1	TONEG	SFAKT	ABRHO	HUNIT	HORIZ	CALL_CONFI	STADT	SZAEH
2	C(003)	C(004)	C(003)	C(003)	C(003)	C(001)	C(010)	C(022)
3	Tolerancia en conclusion anticipada (%)	Factor de dilatacion	Intervalo de toma	Unidad intervalo de toma	Horizonte de apertura	Sujeto a Conclusion	Fecha inicio	Valor inicial de contador
4								
5	10	1,00	365	DIA	50			
6	10	1,00	365	DIA	50			
7	10	1,00	365	DIA	50			
8	10	1,00	365	DIA	50			
9	10	1,00	365	DIA	50			
10	10	1,00	365	DIA	50			
11	10	1,00	365	DIA	50			
12	10	1,00	365	DIA	50			

Figura D.11: Ejemplo Plan Planilla Carga Planes y Posiciones

Fuente: Elaboración propia

Posición

En esta hoja se indican las posiciones que debe tener el plan de mantenimiento. Se sigue el siguiente formato (separado en dos imágenes por la extensión de la hoja):

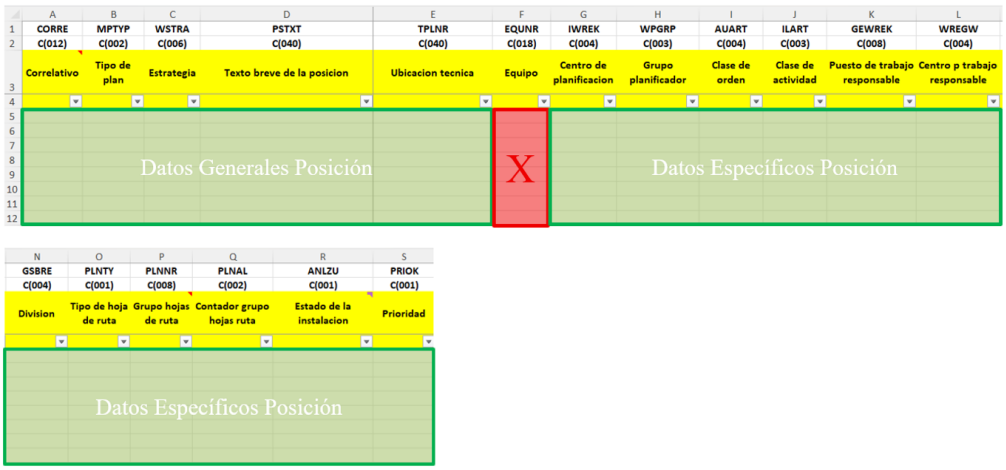


Figura D.12: Posición Planilla Carga Planes y Posiciones

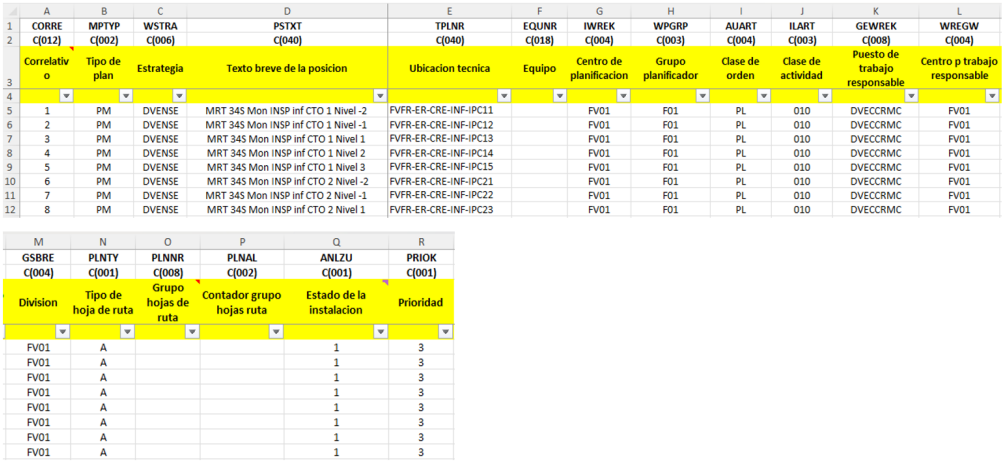
Fuente: Elaboración propia

En esta hoja se deben ingresar los datos necesarios considerando lo siguiente:

Se debe llenar en Posición Planilla Carga Planes y Posiciones	**Descripción/Observación**	**Que se debe ingresar**
Correlativo PM	Indica Plan de Mantenimiento por crear. Debe coincidir con indicado en Planilla Hoja de Ruta.	**1, 2, 3, etc.**
Tipo de plan	Se debe indicar el tipo de plan a crear. Para este contexto, plan de mantenimiento.	**PM**
Estrategia	Estrategia de mantenimiento SAP a usar en el plan.	**DVENSE**
Texto breve de la posición	Nombre de la posición de mantenimiento.	Debe seguir formato establecido en **Estándar de Formato de Plan de Mantenimiento.**
Ubicación técnica	Indicar la ubicación técnica de la ubicación donde se realiza la intervención.	Según Transacción IH02
Centro de planificación	Se indica centro en donde se planifica la orden.	**FV01**
Grupo planificador	Se indica el departamento responsable de la planificación.	**F01:** Confiab. y Planific. **F02:** Ejecución **F03:** Suministros
Clase de orden	Indicar el tipo de orden que genera el plan de mantenimiento.	**PL** (Mantenimiento Planificado)
Clase de actividad	Se indica la clase de actividad del plan de mantenimiento.	**010** (Preventivo Sistemático)
Puesto de trabajo responsable	Se indica el puesto de trabajo responsable en la intervención.	Se debe ingresar el código del puesto de trabajo responsable según el **Estándar de Formato de Plan de Mantenimiento.**
Centro p trabajo responsable	Se indica el centro del puesto de trabajo responsable	**FV01**
División	Se indica la división donde se realiza la intervención.	**FV01**
Tipo de hoja de ruta	Se indica el tipo de hoja de ruta a asociar.	**A**
Grupo hojas de ruta	Solo si ya se tienen cargadas las hojas de ruta en sistema	Código del grupo de la hoja de ruta deseado.
Contador grupo hojas ruta	Solo si ya se tienen cargadas las hojas de ruta en sistema	Contador de grupo de la hoja de ruta deseada.
Estado de la instalación	Indicar con un código binario si el equipo para realizarse la intervención debe estar en funcionamiento o fuera de servicio.	**0:** Fuera de servicio **1:** En funcionamiento
Prioridad	Se indica la prioridad de las intervenciones.	**3** (Planificado)

No se debe llenar en Posición Planilla Carga Planes y Posiciones
Equipo

Ejemplo:



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	CORRE	MPTYP	WSTRA	PSTXT	TPLNR	EQUNR	IWREK	WPGRP	AUART	ILART	GEWREK	WREGW
2	C(012)	C(002)	C(006)	C(040)	C(040)	C(018)	C(004)	C(003)	C(004)	C(003)	C(008)	C(004)
3	Correlativo	Tipo de plan	Estrategia	Texto breve de la posicion	Ubicacion tecnica	Equipo	Centro de planificacion	Grupo planificador	Clase de orden	Clase de actividad	Puesto de trabajo responsable	Centro p trabajo responsable
4												
5	1	PM	DVENSE	MRT 34S Mon INSP inf CTO 1 Nivel -2	FVFR-ER-CRE-INF-IPC11		FV01	F01	PL	010	DVECCRMC	FV01
6	2	PM	DVENSE	MRT 34S Mon INSP inf CTO 1 Nivel -1	FVFR-ER-CRE-INF-IPC12		FV01	F01	PL	010	DVECCRMC	FV01
7	3	PM	DVENSE	MRT 34S Mon INSP inf CTO 1 Nivel 1	FVFR-ER-CRE-INF-IPC13		FV01	F01	PL	010	DVECCRMC	FV01
8	4	PM	DVENSE	MRT 34S Mon INSP inf CTO 1 Nivel 2	FVFR-ER-CRE-INF-IPC14		FV01	F01	PL	010	DVECCRMC	FV01
9	5	PM	DVENSE	MRT 34S Mon INSP inf CTO 1 Nivel 3	FVFR-ER-CRE-INF-IPC15		FV01	F01	PL	010	DVECCRMC	FV01
10	6	PM	DVENSE	MRT 34S Mon INSP inf CTO 2 Nivel -2	FVFR-ER-CRE-INF-IPC21		FV01	F01	PL	010	DVECCRMC	FV01
11	7	PM	DVENSE	MRT 34S Mon INSP inf CTO 2 Nivel -1	FVFR-ER-CRE-INF-IPC22		FV01	F01	PL	010	DVECCRMC	FV01
12	8	PM	DVENSE	MRT 34S Mon INSP inf CTO 2 Nivel 1	FVFR-ER-CRE-INF-IPC23		FV01	F01	PL	010	DVECCRMC	FV01

	M	N	O	P	Q	R
1	GSBRE	PLNTY	PLNNR	PLNAL	ANLZU	PRIOK
2	C(004)	C(001)	C(008)	C(002)	C(001)	C(001)
3	Division	Tipo de hoja de ruta	Grupo hojas de ruta	Contador grupo hojas ruta	Estado de la instalacion	Prioridad
4						
5	FV01	A			1	3
6	FV01	A			1	3
7	FV01	A			1	3
8	FV01	A			1	3
9	FV01	A			1	3
10	FV01	A			1	3
11	FV01	A			1	3
12	FV01	A			1	3

Figura D.13: Ejemplo Posición Planilla Carga Planes y Posiciones
Fuente: Elaboración propia

Pautas

La hoja "Pautas" no se debe rellenar. La carga masiva no permite cargar directamente las pautas de mantenimiento. Es por esto, que una vez se envíen las planillas rellenadas, y se hayan cargado en SAP los objetos técnicos requeridos, se debe de igual manera ingresar a SAP a la transacción IA06 para cargar las pautas cargadas en Sharepoint según lo indicado en el Procedimiento de Revisión de Planes de Mantenimiento

D.1.3. Envío a Soporte SAP PM

Luego de llenar las planillas necesarias, se deben enviar vía correo electrónico a Soporte SAP PM (soportesappm@emicob.cl), con copia a Ingenieros de Confiabilidad y Planificación. Además, se debe dar aviso de esto al planificador del área involucrada.

D.2. Carga Manual

La carga manual de planes de mantenimiento se realiza a través de la plataforma de SAP PM, y tal como es indicado por la Figura 32.7, primero se crea o actualiza la hoja de ruta, y luego el plan de mantenimiento y posición.

Crear/Actualizar Hoja de Ruta

Se debe usar la transacción SAP IA05 (Crear instrucción) e IA06 (Modificar Instrucción) para crear y actualizar respectivamente una Hoja de Ruta de forma manual.

Esto debe realizarse considerando el Estándar de Formato de Plan de Mantenimiento, y se recomienda guiarse en la navegación SAP mediante el video situado en la misma carpeta que este archivo llamado: "IA05_Crear Hoja de Ruta".

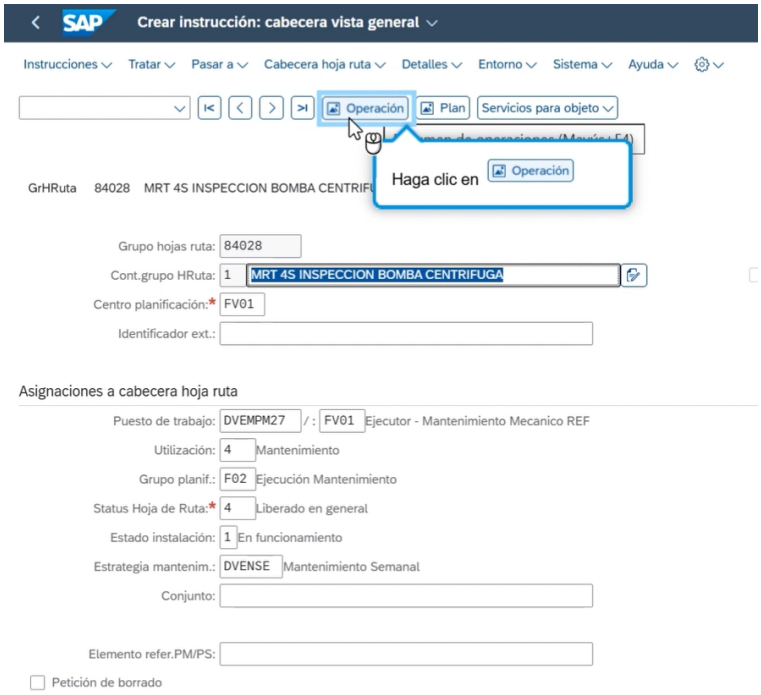


Figura D.14: Captura de video "IA05_Crear Hoja de Ruta"
Fuente: Elaboración propia en conjunto con Soporte SAP PM

Crear/Actualizar Plan de Mantenimiento y Posición

Se debe usar la transacción SAP IP01 (Crear plan de mantenimiento preventivo) e IP02 (Modificar plan de mantenimiento) para crear y actualizar respectivamente un Plan de Mantenimiento de forma manual.

Esto debe realizarse considerando el Estándar de Formato de Plan de Mantenimiento, y se recomienda guiarse en la navegación SAP mediante el video situado en la misma carpeta que este archivo llamado: "IP01_Crear Plan y Posición".

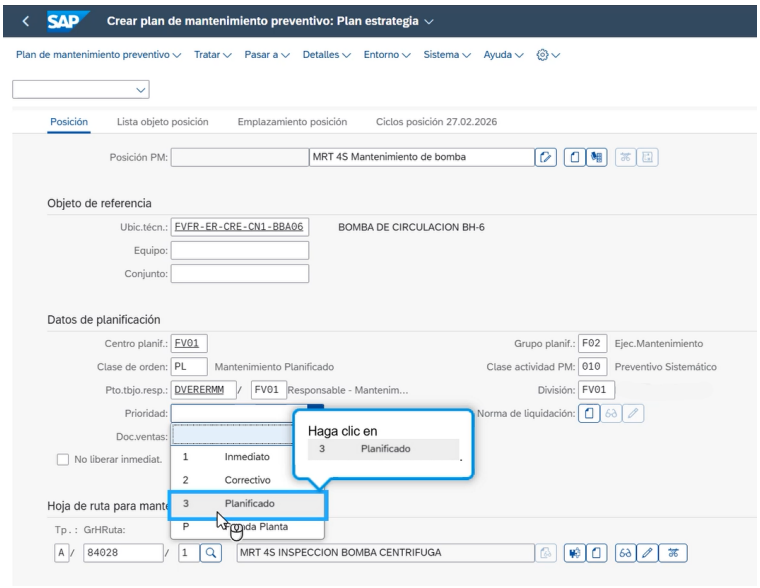


Figura D.15: Captura de video "IP01_Crear Plan y Posición"
Fuente: Elaboración propia en conjunto con Soporte SAP PM

Hay que considerar que, **cualquier duda respecto la carga masiva o carga manual de objetos técnicos debe realizarse a Soporte SAP PM**.