


DEPARTAMENTO DE
INGENIERIA COMERCIAL

UNIVERSIDAD TECNICA
FEDERICO SANTA MARIA

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA**
**Departamento de Ingeniería Comercial**
**MBA, Magíster en Gestión Empresarial**

# EVALUACIÓN DE MODELOS DE CONTRATACIÓN BASADOS EN DESEMPEÑO PARA LA REPARACIÓN DE GRANDES COMPONENTES DE EQUIPOS MINEROS EXCLUIDOS DE CONTRATOS MARC

Tesina de Grado presentada por

**Inés de los Ángeles Opazo Valenzuela**

Como requisito para optar al grado de

**MBA, Magíster en Gestión Empresarial**

**OCTUBRE 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: EVALUACIÓN DE MODELOS DE CONTRATACIÓN BASADOS EN DESEMPEÑO PARA LA REPARACIÓN DE GRANDES COMPONENTES DE EQUIPOS MINEROS EXCLUIDOS DE CONTRATOS MARC**

**Nombre del candidato(a): INÉS DE LOS ÁNGELES OPAZO VALENZUELA**

**Carrera / Grado: MBA – MAGÍSTER EN GESTIÓN EMPRESARIAL**

**Campus: VITACURA** **Departamento: INGENIERÍA COMERCIAL**

**2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS**

Yo, Patricio Mansilla Cano, 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:** 30/10/2026 **Firma:** _____

**Estudiante o Candidato(a):**

**Fecha:** 27/10/2026 **Firma:** Inés Opazo

*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.*

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA COMERCIAL
UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

MBA | UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

**TÍTULO DE TESINA:** **"EVALUACIÓN DE MODELOS DE CONTRATACIÓN BASADOS EN DESEMPEÑO PARA LA REPARACIÓN DE GRANDES COMPONENTES DE EQUIPOS MINEROS EXCLUIDOS DE CONTRATOS MARC"**

**AUTOR:** **INÉS DE LOS ÁNGELES OPAZO VALENZUELA**

**TRABAJO DE TESINA**, presentando en cumplimiento parcial de los requisitos para el Grado de MBA, Magíster en Gestión Empresarial de la Universidad Técnica Federico Santa María.

**OBSERVACIONES:**

**COMISIÓN DE TESINA:**

- Patricio Mansilla
- Lorena Paredes
- Alvaro Chacón

Santiago, Octubre 2026

Todo el contenido, análisis, conclusiones y opiniones vertidas en este estudio son de mi exclusiva responsabilidad.

Nombre: INES DE LOS ANGELES OPAZO VALENZUELA

Fecha: 27 OCTUBRE 2026

# RESUMEN EJECUTIVO

La reparación de grandes componentes de palas eléctricas es crítica para la continuidad operacional de la gran minería, debido a su impacto sobre la disponibilidad de la flota de carguío, la planificación del mantenimiento y los costos de operación.

En Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi, las reparaciones de grandes componentes de palas eléctricas excluidos de los contratos de mantenimiento y reparación (MARC, por sus siglas en inglés Maintenance and Repair Contract) se gestionan mediante procesos individuales de contratación, un esquema que dificulta anticipar costos, controlar las mayores obras y relacionar la remuneración del proveedor con el desempeño posterior del componente.

Por este motivo, el estudio evalúa un modelo de contratación basado en desempeño para la reparación de bastidores, baldes, plumas, mangos y correderas, comparándolo con el modelo tradicional. Para ello, se analizaron antecedentes técnicos, económicos, contractuales y operacionales, complementados con una revisión teórica sobre gestión de activos, mantenimiento y contratos basados en desempeño.

La evaluación se desarrolló mediante un análisis multicriterio que consideró cinco dimensiones: económica, operacional, proveedores, contractual y riesgos, y gestión e información. Como resultado, el modelo actual obtuvo un puntaje ponderado de 2,20 y el modelo basado en desempeño alcanzó 3,45, con una valoración favorable principalmente en las dimensiones económica y operacional.

Adicionalmente, se estimó el impacto económico potencial del modelo para las reparaciones de baldes proyectadas para el periodo 2027–2031. Considerando el rango de ahorro de entre 0% y 12% sobre el costo total de las reparaciones indicado por profesionales vinculados al proceso, y adoptando un escenario principal de 8%, se obtiene un impacto potencial aproximado de USD 3,70 millones en el periodo, dentro de una sensibilidad de USD 1,85 a 5,55 millones.

A partir de este análisis, se propone una estructura contractual de mayor alcance, con un esquema de pago mixto que combine un pago base asociado a la ejecución de la reparación con pagos progresivos vinculados al desempeño posterior del componente, utilizando indicadores objetivos como el tiempo entre reparaciones mayores (TBO, Time Between Overhauls) y la ausencia de fallas atribuibles.

Finalmente, el estudio concluye que el modelo basado en desempeño presenta condiciones favorables para una implementación gradual en Collahuasi, sujeto al fortalecimiento de la trazabilidad, definición de reglas de medición y atribución de fallas, y validación comercial de las condiciones propuestas con los proveedores.

# CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN ..... 9

2. ORIGEN Y PROPÓSITO DEL ESTUDIO ..... 10

3. OBJETIVOS ..... 10

3.1. Objetivo General ..... 10

3.2. Objetivos Específicos ..... 10

4. ALCANCE ..... 11

5. METODOLOGÍA ..... 12

5.1. Enfoque de la investigación ..... 12

5.2. Fuentes de Datos ..... 12

5.3. Proceso Metodológico ..... 13

5.4. Entrevistas semiestructuradas y validación con profesionales ..... 14

6. ESTADO DEL ARTE ..... 15

6.1. La empresa ..... 15
6.1.1. Cadena de Valor Collahuasi ..... 16
6.1.2. Propósito y Valores ..... 17
6.1.3. Ciclo de Gestión de Riesgos ..... 17
6.1.4. Vicepresidencia Mina y contexto organizacional ..... 19
6.1.5. Funcionamiento de los contratos MARC y exclusiones ..... 21
6.1.6. Palas eléctricas y grandes componentes ..... 21

6.2. Diagnóstico ..... 22

7. MARCO TEÓRICO ..... 25

7.1. Gestión de Activos ..... 26

7.2. Gestión del ciclo de vida ..... 27

7.3. Mantenimiento de activos ..... 28
7.3.1. Mantenimiento correctivo ..... 28
7.3.2. Mantenimiento preventivo ..... 28
7.3.3. Mantenimiento predictivo ..... 29

**7.3.4. Gestión del mantenimiento orientado a la confiabilidad** ... 29

**7.4. Criticidad de grandes componentes** ... **29**

**7.5. Confiabilidad** ... **30**

**7.6. Mantenibilidad** ... **30**

**7.7. Disponibilidad** ... **31**

**7.8. Indicadores para evaluar el desempeño de la reparación** ... **31**
**7.8.1. Cumplimiento de TBO** ... 32
**7.8.2. Cumplimiento del plazo de reparación** ... 32
**7.8.3. Tasa de fallas prematuras** ... 32
**7.8.4. Cumplimiento técnico** ... 33
**7.8.5. Contribución operacional** ... 33

**7.9. Indicadores económicos** ... **34**
**7.9.1. Costo por hora operativa** ... 34
**7.9.2. Costo por tonelada** ... 34
**7.9.3. Variación del costo final** ... 34

**7.10. Modelo tradicional de contratación** ... **35**
**7.10.1. Contratación spot** ... 35

**7.11. Contratos basados en desempeño** ... **36**
**7.11.1. Aplicación a la reparación de grandes componentes** ... 37
**7.11.2. Estructura de pago basada en desempeño** ... 38
7.11.2.1. Pago base asociado a la ejecución de la reparación ... 38
7.11.2.2. Pago variable asociado al desempeño posterior ... 38
7.11.2.3. Retención por desempeño ... 39
7.11.2.4. Incentivos por desempeño ... 39
7.11.2.5. Penalidades ... 39
7.11.2.6. Modelo mixto ... 40
**7.11.3. Garantías** ... 40
**7.11.4. Componente de respaldo** ... 40
**7.11.5. Alineación de incentivos** ... 41
**7.11.6. Distribución de riesgos** ... 42
7.11.6.1. Riesgos del proveedor ... 42
7.11.6.2. Riesgos de la compañía ... 42
7.11.6.3. Riesgos compartidos ... 42
**7.11.7. Asignación de responsabilidades y matriz RACI** ... 42

**7.12. Métodos de evaluación** ... **43**

**8. DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA** ... 44

**8.1. Análisis aplicado del modelo actual** ... **44**
**8.1.1. Planificación de la necesidad** ... 44

**8.1.2. Solicitud, cotización y adjudicación** ... 45
**8.1.3. Ejecución y gestión de mayores obras** ... 46
**8.1.4. Estructura de pago** ... 47
**8.1.5. Garantía y riesgo** ... 47
**8.1.6. Seguimiento y gestión de proveedores** ... 48

**8.2. Comparación del modelo actual versus modelo basado en desempeño** ... **50**
**8.2.1. Análisis de fortalezas, debilidades y principales desafíos** ... 51

**8.3. Evaluación multicriterio y factibilidad** ... **52**
**8.3.1. Escala de evaluación** ... 55
**8.3.2. Calificación comparativa por criterio** ... 56
**8.3.3. Resultado ponderado de la evaluación** ... 60
**8.3.4. Análisis de sensibilidad de las ponderaciones** ... 61
**8.3.5. Estimación del impacto económico potencial** ... 62
**8.3.6. Factibilidad de implementación** ... 65

**8.4. Propuesta de modelo contractual basado en desempeño** ... **66**
**8.4.1. Principio del modelo propuesto** ... 67
**8.4.2. Estrategia de contratación, selección y adjudicación de proveedores** ... 67
8.4.2.1. Evaluación de las ofertas ... 68
8.4.2.2. Adjudicación y asignación de las reparaciones ... 70
8.4.2.3. Negociación y formalización contractual ... 71
**8.4.3. Estructura económica y mecanismo de pago** ... 72
**8.4.4. Indicadores de desempeño** ... 73
**8.4.5. Indicadores según tipo de componente** ... 74
**8.4.6. Ejemplos de aplicación del mecanismo de desempeño** ... 76
**8.4.7. Garantías, incentivos y penalidades** ... 77
**8.4.8. Distribución de riesgos** ... 77
**8.4.9. Gestión y evaluación de proveedores** ... 78
**8.4.10. Trazabilidad y gestión de información** ... 79
**8.4.11. Gobernanza del modelo** ... 80

**8.5. Condiciones y lineamientos para la implementación** ... **81**
**8.5.1. Preparación** ... 81
**8.5.2. Diseño contractual** ... 82
**8.5.3. Gestión del cambio** ... 82
**8.5.4. Aplicación gradual** ... 83
**8.5.5. Evaluación y escalamiento** ... 84
**8.5.6. Síntesis comparativa del modelo actual y modelo propuesto** ... 84

**9. CONCLUSIONES** ... 86

**10. BIBLIOGRAFÍA** ... 88

# 1. INTRODUCCIÓN

En la gran minería, la continuidad operacional depende en gran medida de la disponibilidad, confiabilidad y mantenimiento de los equipos mineros. Dentro de este contexto, los equipos de carguío cumplen un rol fundamental en el ciclo, ya que permiten alimentar de manera continua el proceso de transporte de mineral y sostener el cumplimiento del plan de producción.

La operación de palas eléctricas de gran escala requiere asegurar no solo el mantenimiento del equipo completo, sino también la adecuada gestión de sus componentes estructurales y mecánicos. Activos como bastidores, baldes, plumas, mangos y correderas presentan una alta criticidad dado que su condición incide directamente en la continuidad del equipo, los tiempos fuera de servicio, los costos de reparación y la planificación del mantenimiento.

Dentro de la estrategia de mantenimiento, los contratos MARC cumplen un rol fundamental, al permitir contar con soporte especializado, planificación de las intervenciones y atenciones de los equipos, provisión de repuestos, entre otros servicios. Sin embargo, no todos los componentes o reparaciones se encuentran incluidos dentro de estos contratos, lo que obliga a gestionarlos mediante otros mecanismos de adjudicación.

Actualmente las reparaciones de los grandes componentes excluidos se abordan a través de mecanismos tradicionales, como órdenes de servicio puntuales por cada componente. Si bien este mecanismo resuelve la necesidad específica, presenta limitaciones cuando se trata de componentes críticos, debido a la variabilidad de costos, los tiempos de adjudicación y reparación, la trazabilidad del desempeño posterior del activo y la limitada vinculación entre el servicio ejecutado y el resultado esperado.

La gestión de contratos no es solo un proceso administrativo, sino también una herramienta relevante para la gestión de activos, dado que la forma en que se estructura un contrato puede influir en la asignación de responsabilidades, la gestión de riesgos, los incentivos del proveedor, la calidad de la reparación y el desempeño futuro del componente una vez instalado y en operación.

Dado lo anterior, los modelos de contratación basados en desempeño surgen como una alternativa orientada a vincular el pago, las garantías o los incentivos del proveedor con resultados medibles del activo reparado, trasladando el foco desde la reparación en sí al cumplimiento de objetivos como disponibilidad, confiabilidad y vida útil, entre otros.

Por ello, resulta necesario evaluar si un modelo contractual basado en desempeño puede representar una alternativa más eficiente para la reparación de componentes, considerando sus efectos sobre la gestión operacional, el control de costos y riesgos, y su contribución a la sostenibilidad financiera de la compañía.

# 2. ORIGEN Y PROPÓSITO DEL ESTUDIO

La presente investigación surge de la necesidad de revisar la forma en que se gestionan contractualmente las reparaciones de grandes componentes de palas eléctricas que se encuentran fuera del alcance de los contratos de mantenimiento y reparación (MARC) en Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi SCM.

Estas reparaciones se gestionan principalmente mediante procesos individuales de contratación, en los que cada intervención requiere un nuevo proceso de adjudicación y la remuneración del proveedor no se vincula con el desempeño posterior del componente reparado.

En este contexto, el propósito del estudio es evaluar un modelo de contratación basado en desempeño que permita establecer una relación más directa entre la ejecución de la reparación, el desempeño posterior del componente y la remuneración del proveedor.

A partir de este análisis, se busca desarrollar una propuesta aplicable a la realidad de la compañía que contribuya a fortalecer la gestión contractual y la sostenibilidad financiera asociada a este tipo de reparaciones.

# 3. OBJETIVOS

## 3.1. Objetivo General

Evaluar modelos de contratación basados en desempeño para la reparación de grandes componentes de equipos mineros excluidos de contratos MARC y su impacto en la sostenibilidad financiera de Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi SCM.

## 3.2. Objetivos Específicos

1. Analizar las principales diferencias entre los modelos tradicionales de contratación de reparación de componentes y los modelos basados en desempeño, considerando sus características técnicas, económicas y contractuales.

2. Evaluar el impacto potencial de los modelos basados en desempeño en indicadores relevantes como disponibilidad de equipos, tiempos de reparación y costos operacionales.

3. Identificar los principales desafíos y condiciones necesarias para la implementación de un modelo de contratación basado en desempeño en Minera Collahuasi.

4. Proponer lineamientos para el diseño e implementación de un modelo de contratación basado en desempeño aplicable a la reparación de grandes componentes excluidos de contratos MARC.

# 4. ALCANCE

El presente estudio se centra en la gestión contractual asociada a la reparación de grandes componentes de palas eléctricas, los cuales se encuentran excluidos de los contratos de mantenimiento y reparación (MARC).

El alcance considera el análisis y evaluación de un modelo de contratación basado en desempeño para la reparación de los siguientes componentes críticos: bastidores, baldes, plumas, mangos y correderas.

Estos componentes fueron considerados por su criticidad operacional, alto costo de reparación, impacto en la disponibilidad de los equipos y relevancia en el cumplimiento del plan minero.

La investigación considera el análisis del modelo actual de contratación utilizado para este tipo de reparaciones, basado principalmente en órdenes de servicio individuales por componente o contrataciones spot. A partir de ello, se evalúa la factibilidad de avanzar hacia un contrato de mayor alcance que incorpore criterios técnicos, económicos y de desempeño.

El estudio aborda la comparación entre el modelo tradicional y un modelo basado en desempeño, considerando aspectos como estructura contractual, planificación de reparaciones, control de costos, tiempos de reparación, garantías, distribución de riesgos, gestión de proveedores y desempeño posterior del componente una vez instalado en operación.

Asimismo, se analizan indicadores que permiten medir el resultado del modelo contractual, tales como disponibilidad, confiabilidad, cumplimiento del tiempo entre reparaciones mayores (TBO) y vida útil, tiempos de reparación, costo por hora operativa y, cuando corresponda, costo por tonelada movida.

El estudio no aborda la totalidad de las flotas administradas por la Gerencia Mantención Procesos Mina, ni todos los componentes excluidos de contratos MARC. Su foco está delimitado a grandes componentes de palas eléctricas y a la evaluación de un modelo contractual orientado a mejorar la eficiencia, trazabilidad, control de riesgos y continuidad operacional de la reparación de los componentes mencionados.

# 5. METODOLOGÍA

La metodología del estudio fue estructurada para caracterizar el modelo de contratación actualmente utilizado, identificar sus principales brechas y evaluar la factibilidad de incorporar un esquema basado en desempeño. Para ello, se combinaron antecedentes cualitativos y cuantitativos provenientes de información interna, revisión bibliográfica y entrevistas con profesionales vinculados al proceso.

## 5.1. Enfoque de la investigación

De acuerdo con Creswell y Creswell (2018), el enfoque mixto integra elementos cualitativos y cuantitativos dentro de una misma investigación, permitiendo abordar un problema desde perspectivas complementarias. En este contexto, la metodología utilizada para el desarrollo del presente estudio corresponde a un enfoque mixto, ya que combina ambos tipos de análisis para evaluar la situación actual y desarrollar lineamientos aplicables al modelo contractual en estudio.

El enfoque cualitativo permite analizar las características del modelo actual, sus principales brechas, riesgos, limitaciones y oportunidades de mejora, considerando la forma en que se estructuran las responsabilidades, garantías, controles e incentivos entre la compañía y los proveedores.

El enfoque cuantitativo considera el análisis de antecedentes asociados a costos, plazos, recurrencia de reparaciones, cumplimiento técnico e indicadores operacionales, con el fin de evaluar el comportamiento de las variables relevantes para la comparación de los modelos contractuales.

## 5.2. Fuentes de Datos

Las principales fuentes de información corresponden a antecedentes internos de Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi, entre ellos los procedimientos de contratación, los antecedentes de las reparaciones del periodo 2025–2026, los registros de costos iniciales, mayores obras y costos finales, y la planificación de cambio de componentes 2027–2031, incluidos los TBO de cada familia.

Adicionalmente, se incorpora información primaria obtenida mediante entrevistas semiestructuradas a profesionales de las áreas vinculadas al proceso, utilizada para contrastar y validar los criterios de evaluación de los modelos contractuales.

Finalmente, se utiliza información secundaria proveniente de literatura académica y normas técnicas sobre gestión de activos, mantenimiento y contratos basados en desempeño.

## 5.3. Proceso Metodológico

El proceso metodológico del estudio considera las siguientes etapas:




Figura 5.1. Proceso Metodológico

Fuente: Elaboración propia

1. Levantamiento de la situación actual: Se realiza una descripción del modelo actual utilizado para gestionar la reparación de grandes componentes excluidos de contratos MARC, considerando la forma en que se solicitan, cotizan, adjudican, ejecutan y controlan las reparaciones.

2. Diagnóstico de brechas del modelo tradicional: A partir del Diagrama de Ishikawa desarrollado en el diagnóstico, se identifican las principales causas que afectan la eficiencia del modelo actual, agrupándolas en seis dimensiones: modelo contractual, planificación y gestión, proveedores y mercado, logística y ubicación, gestión técnica, y costos y riesgos.

3. Revisión conceptual y técnica: Se desarrolla una revisión teórica sobre contratos basados en desempeño, gestión de activos críticos, mantenimiento de grandes componentes, indicadores de desempeño, distribución de riesgos y alineación de incentivos entre mandante y proveedor.

4. Análisis comparativo de modelos contractuales: Se compara el modelo tradicional de contratación con un modelo de contratación basado en desempeño, evaluando diferencias en estructura contractual, planificación,

control de costos, garantías, gestión de riesgos, responsabilidades del proveedor e impacto en la continuidad operacional.

5. Identificación de indicadores aplicables: Se definen indicadores potenciales para medir el desempeño del contrato, tales como cumplimiento de plazos de reparación, costo por hora operativa y/o costo por tonelada movida, entre otros.

6. Evaluación de factibilidad del modelo basado en desempeño: Se analiza la factibilidad de incorporar criterios de desempeño en un contrato de reparación de grandes componentes, considerando condiciones técnicas, económicas, operacionales y comerciales que permitan su aplicación en el contexto de Collahuasi.

7. Propuesta de lineamientos contractuales: Finalmente, se proponen lineamientos para el diseño de un modelo contractual basado en desempeño, aplicable a la reparación de grandes componentes de palas eléctricas, considerando estructura de pago, indicadores, responsabilidades, garantías, mecanismos de control, trazabilidad y gestión de riesgos.

De manera transversal, las etapas de evaluación se complementan con entrevistas a profesionales vinculados al proceso, de acuerdo con la metodología definida para el estudio.

## 5.4. Entrevistas semiestructuradas y validación con profesionales

De acuerdo con Brinkmann y Kvale (2015), las entrevistas cualitativas permiten abordar materias previamente definidas manteniendo flexibilidad para profundizar en aquellos aspectos que resulten relevantes durante la conversación.

En el presente estudio, las entrevistas se utilizaron como complemento de la información histórica disponible, con el propósito de validar los criterios de comparación de los modelos contractuales, definir las ponderaciones y calificaciones de la evaluación multicriterio y aportar antecedentes para la estimación económica y las condiciones de implementación de la propuesta.

Se entrevistó a cuatro profesionales con participación directa en la gestión de reparación de grandes componentes, uno por cada una de las siguientes áreas: mantenimiento y reparables, planificación y confiabilidad, abastecimiento y contratos, y gestión económica y control de costos. Se realizaron cuatro reuniones de trabajo entre julio y septiembre de 2026, en las que las calificaciones de la evaluación multicriterio y el rango de ahorro potencial fueron definidos por

consenso. Sus aportes se presentan de forma agregada, sin identificación individual.

# 6. ESTADO DEL ARTE

El presente capítulo contextualiza el entorno organizacional y operacional en el que se desarrolla el estudio. En primer lugar, se presentan los principales antecedentes de Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi, su cadena de valor, sistema de gestión y estructura asociada a la Vicepresidencia Mina. Posteriormente, se describe el funcionamiento de los contratos MARC y se desarrolla el diagnóstico del modelo actualmente utilizado para la reparación de grandes componentes excluidos de estos contratos.

## 6.1. La empresa

Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi SCM es una de las principales operaciones mineras de cobre a nivel mundial y una de las compañías con mayor producción de cobre fino en Chile. La propiedad de la compañía está conformada por Anglo American (44%), Glencore (44%) y Japan Collahuasi Resources B.V. (12%), todas representadas en su Directorio (Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi, s.f.-a).

La compañía se dedica principalmente a la extracción y producción de concentrado de cobre y concentrado de molibdeno. La operación se encuentra dentro de las seis mayores productoras de cobre del mundo en la categoría de minas, posee uno de los depósitos de cobre más grandes del planeta, con 10.380 millones de toneladas, y es una de las principales productoras de molibdeno en Chile. Sus principales yacimientos son Rosario y Ujina, emplazados en la comuna de Pica, Región de Tarapacá, a una altura promedio de 4.400 metros sobre el nivel del mar aproximadamente (Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi, s.f.-b).

En términos de producción, Collahuasi proyecta para el año 2026 un compromiso productivo del orden de 420,2 mil toneladas de cobre fino, asociado al procesamiento de aproximadamente 63,8 millones de toneladas de mineral y a un tratamiento diario promedio de 175 mil toneladas por día. Este desafío operacional, junto con una ley de cobre estimada de 0,83%, consolida a Collahuasi como una operación de clase mundial por su escala, aporte a la producción nacional y relevancia dentro de la industria minera. Asimismo, la compañía produce concentrado de molibdeno, lo que refuerza la importancia de asegurar la continuidad de sus procesos de concentración, transporte, filtrado y embarque dentro de la cadena de valor.

En el sector cordillera también se ubica la planta concentradora, desde donde el concentrado de cobre es transportado a través de mineroductos, con una extensión aproximada de 203 kilómetros, hasta el Terminal Marítimo Collahuasi, ubicado en el sector de Patache, a 65 kilómetros al sur de Iquique. En dicho terminal se desarrollan procesos asociados al concentrado de molibdeno, filtrado de concentrado y embarque de mineral hacia mercados internacionales (Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi, s.f.-c).

Esta configuración integrada exige altos niveles de continuidad operacional, confiabilidad de activos y coordinación entre áreas, dado que cualquier indisponibilidad relevante en equipos, sistemas o procesos críticos puede afectar el cumplimiento del plan minero, la alimentación a planta, la continuidad operacional del transporte de concentrado y, en consecuencia, la generación de valor del negocio.

### 6.1.1. Cadena de Valor Collahuasi

La cadena de valor de Collahuasi integra las distintas etapas del negocio minero, desde la exploración y la extracción del mineral hasta su procesamiento, transporte y embarque. Dentro de esta secuencia, la extracción en la mina constituye la etapa inicial del flujo productivo, por lo que la continuidad operacional de los equipos de carguío, como las palas eléctricas, condiciona directamente el abastecimiento de mineral a los procesos posteriores. La Figura 6.1 presenta la cadena de valor y los principales procesos de la compañía.




Figura 6.1. Cadena de Valor y Procesos Collahuasi

Fuente: Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi

### 6.1.2. Propósito y Valores

El propósito de Collahuasi es: “Porque somos mucho más que cobre, desafiamos el presente para contribuir a una sociedad mejor” (Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi, s.f.-d).

Esta declaración permite enmarcar la forma en que la compañía entiende su rol dentro de la industria minera, no solo desde la producción de cobre, sino también su contribución hacia trabajadores, empresas colaboradoras y comunidades.

En coherencia con lo anterior, Collahuasi declara como valores la seguridad, la honestidad, el respeto, la responsabilidad, la pasión y el reconocimiento.

### 6.1.3. Ciclo de Gestión de Riesgos

Collahuasi cuenta con un único sistema de gestión, denominado Ciclo de Gestión de Riesgos (CGR)[1]. Este modelo constituye la base sobre la cual la compañía estructura la gestión de sus procesos, riesgos, controles, ejecución operacional, verificación y aprendizaje.

El CGR integra la gestión de riesgos en la operación diaria, mediante la identificación de actividades críticas, evaluación de riesgos, definición de controles, verificación de su cumplimiento y captura de aprendizajes para la mejora continua. De esta forma, actúa como un sistema transversal orientado a reducir la variabilidad y fortalecer la disciplina operacional.

El CGR se basa en el ciclo de mejora continua de Deming y fue adaptado por Collahuasi con el propósito de estabilizar y optimizar la operación. La compañía lo reconoce como su estrategia de excelencia operacional, aplicable a cada actividad desarrollada a lo largo de su cadena de valor, permitiendo capturar aprendizajes y oportunidades que generan valor al negocio y al entorno.

El CGR se estructura en cuatro etapas y seis cajas, como se observa a continuación:

[1] Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi. Documentación interna del Ciclo de Gestión de Riesgos (CGR).




Figura 6.2. Ciclo de Gestión de Riesgos Collahuasi.

Fuente: Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi

A continuación, se detalla cada etapa y caja perteneciente al CGR:

1. **Mapa del Proceso**

Permite representar de manera ordenada los procesos, identificando sus actividades, responsables, entradas, salidas e interacciones. Su objetivo es comprender cómo funciona el proceso, dónde se genera valor y cuáles son sus principales puntos críticos.

2. **Matriz de Riesgo**

Permite identificar y evaluar los riesgos asociados al proceso, considerando la probabilidad e impacto. Esta etapa ayuda a priorizar los eventos que podrían afectar la continuidad, seguridad, cumplimiento, calidad, costos o resultados.

3. **Planes de Mitigación y Control**

A partir de los riesgos identificados, se definen controles y planes de mitigación, los cuales buscan reducir la exposición al riesgo, asignando responsables, frecuencia y mecanismo de seguimiento.

4. **Ejecución**

Corresponde a la ejecución de las actividades según procedimientos, estándares, instructivos, documentación aprobada y responsabilidades definidas. Su propósito es asegurar que el proceso sea realizado de forma controlada, trazable y alineado a la planificación.

5. **Verificación**

Permite comprobar que los controles definidos se aplican correctamente y que las actividades cumplen con los requisitos establecidos. Esta etapa asegura que las

desviaciones sean detectadas oportunamente y que el proceso mantenga su nivel de control.

**6. Conocimiento y Aprendizaje**

Permite analizar desviaciones, incidentes, brechas o resultados no esperados, identificando sus causas y oportunidades de mejora. Su objetivo es generar aprendizaje, evitar recurrencias y retroalimentar la planificación del proceso.

En síntesis, el CGR no solo es una herramienta de seguridad o cumplimiento, sino el sistema de gestión que permite ordenar la toma de decisiones, controlar riesgos críticos y generar aprendizaje operacional.

### 6.1.4. Vicepresidencia Mina y contexto organizacional

La Vicepresidencia Mina cumple un rol central dentro de la cadena de valor de Collahuasi, al ser responsable de asegurar la extracción, movimiento y disponibilidad de mineral conforme al plan minero de la compañía.

Dentro de esta Vicepresidencia se insertan distintas gerencias y áreas responsables de la planificación, operación, mantenimiento y soporte de los procesos mina[2]. En particular, el presente estudio se vincula con la Gerencia Mantención Procesos Mina, área responsable de asegurar la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de los activos mineros requeridos.

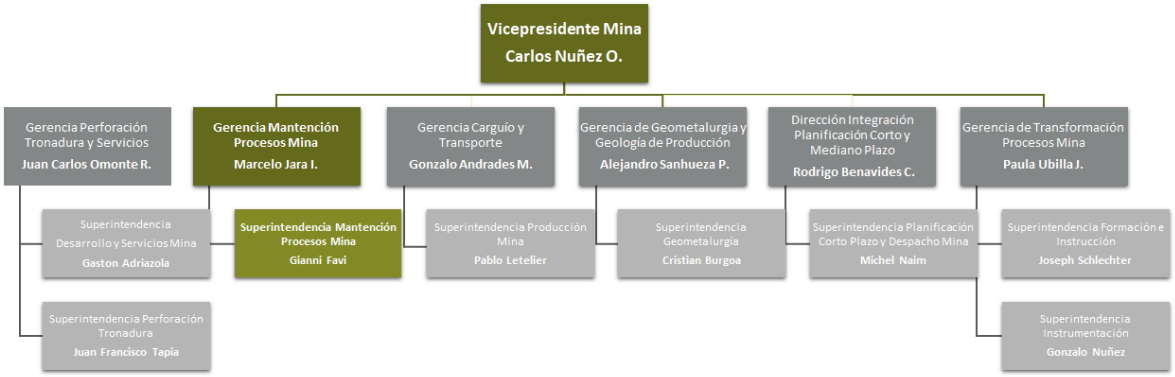



Figura 6.3. Organización Vicepresidencia Mina

Fuente: Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi

[2] Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi. Antecedentes organizacionales internos de la Vicepresidencia Mina.

La Gerencia Mantención Procesos Mina tiene bajo su alcance la gestión del mantenimiento de distintos procesos y familias de equipos críticos para la operación mina, entre los que se consideran:

- Transporte: Camiones de extracción (CAEX) de alto tonelaje, asociados a flotas Komatsu 930, Komatsu 980 y Liebherr T284, responsables del traslado del material dentro del ciclo minero.
- Carguío: Considera palas y cargadores frontales. Las palas son mayoritariamente eléctricas, modelo P&H 4100XPC y Bucyrus 495HR, destacando una flota de 12 equipos con baldes de capacidad de 73yd³, responsables del carguío del material hacia los CAEX.
- Perforación: Considera perforadoras de producción, principalmente flota Bucyrus MD6640, PV351 y 320 XPC, además de perforadoras buffer DML, responsables de la preparación de bancos y mallas de perforación para el proceso de tronadura.
- Equipos de apoyo: considera bulldozer, wheeldozers, motoniveladoras, camiones aljibes, excavadoras y tow haul, responsables de mantener caminos, frentes de trabajo y condiciones operacionales.

Estas flotas cumplen un rol fundamental en la continuidad del ciclo minero, por lo que su disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad resultan determinantes para asegurar el cumplimiento del plan de producción de Collahuasi.




Figura 6.4. Equipos Mineros CMDIC

Fuente: Elaboración Propia

Por ello, la Gerencia administra y coordina distintos contratos de mantenimiento, reparación, soporte técnico, suministro de componentes y servicios especializados. Entre los contratos más relevantes se encuentran los contratos de tipo MARC, suscritos con fabricantes de equipos o sus representantes, tales como Komatsu y Finning, entre otros. Estos contratos cumplen un rol relevante en la estrategia de mantenimiento, dado que permiten contar con soporte especializado del fabricante, acceso a conocimiento técnico, provisión de repuestos, planificación de intervenciones y ejecución de mantenimiento sobre flotas o familias de equipos específicas.

### 6.1.5. Funcionamiento de los contratos MARC y exclusiones

Los contratos MARC corresponden a acuerdos de mantenimiento y reparación de largo plazo, generalmente suscritos con los fabricantes de equipos o sus representantes. Su objetivo es asegurar la continuidad operacional de las flotas mediante soporte técnico, ejecución del mantenimiento y gestión de repuestos y componentes, entre otros servicios. En el caso de las palas eléctricas, estos contratos incorporan niveles de disponibilidad contractual de los equipos, vinculando las obligaciones del fabricante con el resultado operacional de la flota.

Sin embargo, el alcance de los contratos MARC no cubre la totalidad de los componentes o reparaciones requeridas durante la vida útil del activo. Existen grandes componentes que quedan excluidos, ya sea por definición contractual, naturaleza de la reparación o modalidad del suministro, entre otras razones.

Esta exclusión obliga a la compañía a gestionar sus reparaciones mediante otros mecanismos, principalmente órdenes de servicio puntuales o servicios spot. Bajo esta modalidad, el pago se asocia a la ejecución de la reparación y no al desempeño posterior del componente en operación. Se genera así una diferencia relevante: mientras el equipo se gestiona bajo un contrato vinculado a resultados, sus grandes componentes excluidos se reparan bajo un esquema que no considera la vida útil, la confiabilidad ni la continuidad operacional obtenidas después de la intervención.

### 6.1.6. Palas eléctricas y grandes componentes

La pala eléctrica de cables es el principal equipo de carguío de la operación. Su función es excavar el material tronado y depositarlo en los camiones de extracción, por lo que su disponibilidad condiciona directamente el cumplimiento del plan minero. En Collahuasi, la flota está compuesta por palas P&H 4100XPC y Bucyrus 495HR, con baldes de 73 $yd^3$.

Los componentes considerados en este estudio cumplen funciones complementarias. El balde excava, recibe y descarga el material. El mango es el

brazo que lo sostiene y permite extenderlo o retraerlo. La pluma es la estructura principal del conjunto frontal y soporta el mango y los cables de levante. Las correderas guían el desplazamiento del mango sobre la pluma, y los bastidores son las estructuras laterales que soportan el sistema de orugas. Por tratarse de componentes estructurales, su falla detiene la pala completa, y su reparación requiere talleres especializados, tiene un alto costo y toma semanas o meses.




Figura 6.5. Principales componentes de una pala eléctrica P&H 4100XPC

Fuente: Elaboración Propia, imagen referencial generada con inteligencia artificial

## 6.2. Diagnóstico

El diagnóstico del modelo actual de contratación busca identificar los principales factores que inciden en la gestión de la reparación de grandes componentes excluidos de contratos MARC. Para ello, se analizan aspectos contractuales, técnicos, operacionales, logísticos, económicos y de gestión que pueden afectar la planificación de las reparaciones, los tiempos de respuesta, los costos y el desempeño posterior de los componentes intervenidos.

Con el propósito de ordenar y visualizar las principales causas asociadas a las limitaciones del modelo tradicional de contratación spot, se elaboró un Diagrama de Ishikawa que agrupa los factores identificados en seis dimensiones de análisis.

Los factores fueron identificados a partir de la revisión de las reparaciones gestionadas durante el periodo 2025–2026, los procedimientos internos de

contratación y las entrevistas realizadas con profesionales de las áreas vinculadas al proceso.




Figura 6.5. Diagrama de Ishikawa

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la Figura 6.5, las limitaciones asociadas al modelo tradicional de contratación spot responden a una combinación de factores que interactúan entre sí y afectan distintas etapas del proceso de reparación de grandes componentes. El análisis permite profundizar en los principales elementos que explican las brechas del modelo actual, los cuales se describen a continuación:

a) Modelo contractual

El esquema actual mantiene un enfoque transaccional, donde el pago se encuentra vinculado a la ejecución de la reparación del activo y no al desempeño posterior del componente en operación, generando baja vinculación entre el servicio ejecutado y los resultados esperados como vida útil, confiabilidad, disponibilidad y continuidad operacional.

Adicionalmente, la escasa asignación de riesgos al proveedor y la existencia de garantías acotadas reducen los incentivos para asegurar un buen desempeño sostenido del componente reparado.

b) Planificación y Gestión

Se identifican brechas asociadas a una gestión reactiva de las reparaciones, donde los procesos de contratación, cotización y ejecución se activan una vez que el componente ya fue retirado del equipo o presenta una falla, generando presión sobre los plazos y la continuidad operacional.

Asimismo, la baja capacidad para anticipar la demanda de reparación afecta la planificación, especialmente ante fallas imprevistas. A esto se le suma la limitada trazabilidad del desempeño histórico de componentes, con información incompleta sobre sus ciclos de reparación, lo que dificulta determinar su vida útil remanente y/o definir oportunamente cuándo corresponde nuevamente reparar o dar de baja.

c) Proveedores y Mercado

El modelo spot tiende a mantener una relación más transaccional que estratégica con los proveedores. Bajo esta lógica, el proveedor responde a una necesidad puntual de reparación, pero no necesariamente desarrolla una relación de largo plazo orientada a mejorar el desempeño del componente o instalar capacidades permanentes de soporte en la zona.

La dependencia de pocos proveedores especializados restringe las alternativas disponibles, aumentando la exposición de la compañía frente a restricciones de capacidad, tiempos de respuesta y condiciones comerciales.

d) Logística y Ubicación

La operación en una zona remota, como la Región de Tarapacá, representa una condición relevante para la reparación de grandes componentes. Los mayores tiempos de traslado, los escasos proveedores locales especializados y los desafíos de abastecimiento pueden extender los plazos de reparación y aumentar el riesgo de indisponibilidad de activos críticos.

A ello se suman las restricciones aduaneras. El envío de componentes a talleres ubicados fuera de la región se realiza bajo un régimen de salida temporal, que permite mantenerlos fuera de ella por un máximo de 90 días. Dado que muchas reparaciones de grandes componentes superan este plazo, es necesario gestionar prórrogas sucesivas, lo que genera carga administrativa y exposición a multas. Por esta razón, la compañía privilegia la reparación dentro de la región, lo que a su vez condiciona las alternativas de proveedores disponibles. Estas condiciones hacen que la continuidad operacional dependa no solo de la calidad técnica de la reparación, sino también de la capacidad logística y de respuesta del proveedor.

e) Gestión Técnica

Se evidencian riesgos asociados a la variabilidad en la calidad de las reparaciones, la ocurrencia de fallas prematuras o repetitivas y la dificultad para medir objetivamente la vida útil y confiabilidad de los componentes intervenidos. La disponibilidad limitada de componentes de respaldo o alternativas disponibles ante

fallas aumenta la exposición, dado que cualquier desviación puede traducirse en la detención de un equipo de carguío, mayor costo y afectación del plan minero.

f) Costos y Riesgos

El modelo tradicional spot presenta limitaciones desde el punto de vista económico y presupuestario, ya que resulta complejo anticipar el costo final de reparación, especialmente cuando se identifican mayores obras, una vez iniciado el proceso de desarme e inspección técnica del componente.

A diferencia de modelos basados en desempeño, donde el pago puede distribuirse en función del cumplimiento de ciertos resultados, en el modelo spot el costo de reparación se materializa en el momento de ejecutar el servicio, mientras que los riesgos posteriores asociados a fallas o menor duración recaen en la compañía.

Asimismo, al tratarse de contrataciones puntuales, se reduce la posibilidad de capturar beneficios asociados a relaciones de largo plazo con proveedores, como optimización de costos, mejoras técnicas o desarrollo conjunto de soluciones que permitan extender la vida útil de los componentes. En este sentido, el modelo genera menores incentivos para que los proveedores se involucren activamente en el desempeño futuro del componente y en la generación de valor durante su ciclo de vida.

En síntesis, el diagnóstico evidencia que las debilidades del modelo tradicional de contratación spot no se explican únicamente por el mecanismo de compra, sino por la interacción de múltiples factores que afectan la planificación, ejecución, control, gestión de proveedores, costos y riesgos, reforzando la necesidad de evaluar modelos contractuales alternativos, orientados al desempeño, que permitan alinear incentivos, mejorar la trazabilidad, fortalecer la gestión de riesgos y contribuir a la continuidad operacional de los activos críticos de la Vicepresidencia Mina.

# 7. MARCO TEÓRICO

El presente marco teórico desarrolla los principales conceptos para analizar y comparar distintos modelos de contratación aplicables a la reparación de grandes componentes de equipos mineros. La revisión se estructura desde una perspectiva de gestión empresarial y de activos, considerando que las decisiones contractuales influyen en la asignación de responsabilidades, distribución de riesgos, estructura de costos y los resultados obtenidos durante la operación del componente reparado.

En primer lugar, se abordan los principios de la gestión de activos y del ciclo de vida, junto con los conceptos de mantenimiento, criticidad, confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad. Posteriormente, se presentan los principales indicadores técnicos,

operacionales y económicos que pueden utilizarse para evaluar el desempeño de una reparación.

Finalmente, se revisan el modelo tradicional de contratación y los contratos basados en desempeño, con especial énfasis en sus estructuras de pago, mecanismos de incentivos, garantías y distribución de riesgos, así como las metodologías que sustentan la comparación y evaluación de las alternativas contractuales.

## 7.1. Gestión de Activos

De acuerdo con la International Organization for Standardization (ISO, 2024), la gestión de activos corresponde a un enfoque sistemático mediante el cual una organización coordina sus actividades para obtener valor de los activos durante su ciclo de vida. Este valor no se limita al beneficio económico inmediato, sino que se relaciona con la capacidad de los activos para contribuir al cumplimiento de los objetivos de la organización, considerando su desempeño, los costos asociados y los riesgos derivados de su utilización.

Las compañías mineras dependen significativamente de sus activos físicos para desarrollar sus operaciones. Desde esta perspectiva, la gestión de activos permite vincular las decisiones técnicas y operacionales con la estrategia del negocio. Así, decisiones como mantener, reparar, reemplazar o retirar un activo dejan de responder exclusivamente a criterios técnicos y pasan a considerar también sus efectos sobre la producción, el presupuesto, la continuidad operacional y la exposición al riesgo.

Bajo esta perspectiva, la gestión de una reparación no debería evaluarse exclusivamente por el cumplimiento del alcance técnico ni por el costo inicial del servicio. También resulta necesario considerar el comportamiento posterior del componente, las horas de operación obtenidas, las fallas que pudiera registrar, los posibles costos adicionales y el impacto generado en la disponibilidad del equipo.

En el caso de los grandes componentes reparables, el valor se obtiene cuando la intervención permite recuperar la funcionalidad del activo y sostenerla durante un periodo consistente con la vida útil esperada. Una reparación recibida conforme desde el punto de vista técnico y documental puede no generar el resultado esperado si el componente presenta una falla prematura, requiere una nueva intervención o produce una detención prolongada del equipo.

Por lo tanto, la gestión de activos entrega un fundamento relevante para evaluar modelos de contratación orientados al desempeño. Estos modelos amplían el horizonte de evaluación del proveedor, trasladando parte del foco desde la entrega física del componente hacia el resultado obtenido después de su instalación y puesta en operación.

## 7.2. Gestión del ciclo de vida

De acuerdo con la International Electrotechnical Commission (IEC, 2017), la gestión del ciclo de vida permite evaluar los costos y efectos asociados a un activo considerando las distintas etapas por las que transita, desde su planificación y adquisición hasta su baja y disposición final. En el caso de los grandes componentes mineros, este proceso puede incluir su fabricación, instalación, operación, inspección, mantenimiento, retiro, diagnóstico, reparación, reinstalación y eventual baja.

La perspectiva de ciclo de vida permite evaluar las decisiones considerando sus efectos acumulados y no solamente el costo generado al momento de contratar. Una reparación de menor valor inicial puede resultar menos conveniente si alcanza una menor vida útil, presenta fallas recurrentes o genera mayores gastos posteriores. Del mismo modo, una alternativa inicialmente más costosa puede entregar mejores resultados si permite alcanzar una mayor vida útil y reducir nuevas intervenciones.

El costo del ciclo de vida puede comprender distintas partidas asociadas al componente, incluyendo su diagnóstico e inspección, desarme y retiro, traslado y logística, reparación y mayores obras, materiales y repuestos, controles de calidad, retorno e instalación, seguimiento y monitoreo, y mantenimiento posterior. Asimismo, deben considerarse los costos derivados de fallas y reparaciones adicionales, la indisponibilidad del equipo y, finalmente, su retiro definitivo y disposición.

En los componentes reparables, cada intervención permite recuperar su condición funcional e iniciar un nuevo ciclo de operación. Sin embargo, las reparaciones sucesivas pueden modificar la condición del componente y afectar su desempeño futuro, por lo que la decisión de continuar reparándolo debe considerar su viabilidad técnica, económica y operacional.

Para apoyar esta evaluación, es necesario mantener trazabilidad sobre la identificación del componente, los equipos en los que ha sido instalado, las horas acumuladas, los motivos de retiro, los diagnósticos, las reparaciones realizadas, los proveedores participantes, los materiales utilizados, los controles aplicados, las garantías y las horas obtenidas después de cada intervención.

Esta información permite evaluar el cumplimiento de la vida útil esperada, identificar fallas repetitivas, comparar el desempeño de los proveedores y determinar el costo efectivo de cada ciclo de reparación. Además, constituye una condición habilitante para establecer responsabilidades, aplicar incentivos o penalidades y atribuir las causas de una falla en un contrato basado en desempeño.

## 7.3. Mantenimiento de activos

De acuerdo con Smith y Hinchcliffe (2004), el mantenimiento comprende actividades técnicas, administrativas y de gestión destinadas a conservar un activo o restablecerlo a una condición que le permita cumplir la función requerida. Su propósito no consiste únicamente en reparar fallas, sino también en controlar el deterioro, anticipar necesidades y mantener los niveles de desempeño esperados.

Las estrategias de mantenimiento pueden clasificarse de distintas maneras. Para efectos de esta investigación, se utiliza la clasificación establecida en la norma EN 13306 (CEN, 2017), que distingue entre mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo, además de considerar un enfoque orientado a la confiabilidad, debido a su relación con la planificación de las intervenciones y el desempeño esperado de los componentes.

### 7.3.1. Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo se ejecuta después de ocurrida una falla o pérdida de funcionalidad, con el objetivo de restablecer la capacidad del activo para continuar operando.

En componentes críticos, una estrategia predominantemente correctiva puede producir presión sobre los plazos, debido a que el proceso de contratación se inicia cuando el componente ya se encuentra fuera de servicio o presenta una condición que exige su retiro, reduciendo la capacidad de anticipar recursos, negociar condiciones y coordinar oportunamente el reemplazo.

La gestión correctiva también puede generar una mayor exposición a costos no planificados, especialmente cuando el alcance definitivo solo puede determinarse después del desarme y diagnóstico del componente.

### 7.3.2. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo se ejecuta de acuerdo con una planificación basada en criterios previamente definidos, tales como horas de operación, ciclos, historial de fallas o recomendaciones técnicas.

Su objetivo es disminuir la probabilidad de una falla inesperada y programar la intervención antes de que el activo pierda completamente su funcionalidad. En grandes componentes, este enfoque requiere conocer su vida útil esperada, historial de reparaciones y condición operacional.

### 7.3.3. Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo utiliza inspecciones, mediciones y análisis técnicos para evaluar la condición real del componente y definir el momento adecuado para intervenir.

Este enfoque busca evitar tanto una reparación anticipada, que podría desaprovechar vida útil disponible, como una intervención tardía que exponga al equipo a una falla de mayores consecuencias.

### 7.3.4. Gestión del mantenimiento orientado a la confiabilidad

De acuerdo con Smith y Hinchcliffe (2004), la gestión del mantenimiento orientada a la confiabilidad permite definir las acciones más adecuadas considerando las funciones del activo, sus modos de falla, criticidad y consecuencias asociadas.

En el contexto de contratos basados en desempeño, este enfoque resulta relevante para identificar las fallas que deben prevenirse, establecer criterios de seguimiento y definir las responsabilidades del proveedor frente al desempeño esperado del componente reparado.

## 7.4. Criticidad de grandes componentes

De acuerdo con Smith y Hinchcliffe (2004), la criticidad representa la importancia de un activo o componente según las consecuencias derivadas de su falla, pudiendo considerar efectos operacionales, económicos, de seguridad, ambientales y de cumplimiento de los planes de mantenimiento y producción.

En las palas eléctricas, los grandes componentes analizados son fundamentales para el proceso de carguío. Su deterioro puede restringir el funcionamiento del equipo, disminuir la capacidad de la flota y demandar intervenciones especializadas. Su criticidad se relaciona principalmente con el impacto operacional que puede provocar una falla, debido a que puede limitar o detener la operación de la pala y afectar la ejecución del plan minero. A ello se suma la complejidad de las reparaciones, que pueden requerir talleres especializados, personal calificado, procedimientos de soldadura, inspecciones y ensayos técnicos, además de ciclos que comprenden desmontaje, traslado, evaluación, reparación, retorno y montaje del componente.

Desde una perspectiva económica y operacional, también deben considerarse los costos asociados al servicio, transporte, maniobras, materiales, inspecciones e indisponibilidad. Asimismo, la disponibilidad de componentes de reemplazo resulta relevante, ya que la ausencia de un componente de respaldo puede extender la detención del equipo o aumentar el riesgo de incumplimiento del plan de mantenimiento. Del mismo modo, una falla prematura puede requerir una nueva intervención, generando costos adicionales y afectando la planificación.

La determinación de criticidad permite priorizar aquellos componentes en los que un contrato basado en desempeño podría generar un mayor impacto. No todos los activos requieren el mismo nivel de control contractual, seguimiento o transferencia de riesgo.

## 7.5. Confiabilidad

De acuerdo con Smith y Hinchcliffe (2004), la confiabilidad se relaciona con la capacidad de un activo o componente para cumplir la función requerida durante un periodo determinado y bajo condiciones definidas de operación. En los grandes componentes de palas eléctricas, este concepto se relaciona con la capacidad de mantenerse en funcionamiento sin presentar fallas que afecten el desempeño del equipo.

Una mayor confiabilidad permite extender los periodos de operación entre intervenciones, disminuir la ocurrencia de imprevistos y mejorar la planificación del mantenimiento.

Uno de los principales indicadores utilizados para evaluar la confiabilidad es el tiempo medio entre fallas o MTBF, por su denominación en inglés Mean Time Between Failures:

$$MTBF = \frac{\text{Horas de operación acumuladas}}{\text{Numero de fallas}}$$

Un mayor MTBF indica que el componente opera durante periodos más prolongados antes de presentar una nueva falla.

## 7.6. Mantenibilidad

De acuerdo con Smith y Hinchcliffe (2004), la mantenibilidad corresponde a la capacidad de un activo o componente para ser restablecido a una condición operativa dentro de un periodo determinado, utilizando procedimientos, recursos y capacidades previamente definidos.

Este concepto se relaciona con la capacidad de inspeccionar, diagnosticar e intervenir un componente dentro de los plazos requeridos, ya sea directamente en el equipo o mediante su retiro, reparación y posterior instalación.

Uno de los principales indicadores de mantenibilidad es el tiempo medio de reparación o MTTR, por su denominación en inglés Mean Time to Repair:

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparacion}}{\text{Numero de reparaciones}}$$

Un menor MTTR indica que el activo puede recuperar su condición operativa en un periodo más reducido.

## 7.7. Disponibilidad

De acuerdo con Smith y Hinchcliffe (2004), la disponibilidad representa la proporción del tiempo en que un activo se encuentra en condiciones de cumplir su función respecto del tiempo total considerado.

De manera general, puede expresarse mediante la siguiente relación:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Tiempo total considerado}} \times 100$$

La disponibilidad se encuentra determinada por la confiabilidad y la mantenibilidad. En términos generales, un activo tendrá una mayor disponibilidad cuando opere durante periodos más prolongados sin fallar y pueda ser restablecido en un menor tiempo cuando se produzca una detención.

Cuando se utilizan el MTBF y el MTTR, la disponibilidad inherente puede representarse como:

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Esta relación muestra que la disponibilidad puede aumentar al extender el tiempo entre fallas o reducir el tiempo requerido para recuperar el funcionamiento del activo.

La disponibilidad de una pala eléctrica depende del funcionamiento conjunto de diversos componentes, por esta razón, en un contrato específico de reparación de grandes componentes, este indicador debe complementarse con la medición de las horas operadas, el cumplimiento del TBO y la identificación de fallas atribuibles al servicio ejecutado.

## 7.8. Indicadores para evaluar el desempeño de la reparación

Además de los indicadores asociados a la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad, la evaluación de una reparación requiere considerar resultados vinculados directamente con el servicio ejecutado. La norma EN 15341 (CEN, 2019) establece un marco de indicadores clave para evaluar el desempeño del mantenimiento, considerando aspectos económicos, técnicos y organizacionales.

Tomando esta referencia, los indicadores utilizados para evaluar una reparación deben ser objetivos, verificables y trazables.

Asimismo, la forma de cálculo de los indicadores, sus metas, fuentes de información y criterios de evaluación deben quedar establecidos contractualmente, con la finalidad de reducir interpretaciones y facilitar la medición del desempeño.

### 7.8.1. Cumplimiento de TBO

El TBO (Time Between Overhauls) corresponde al periodo esperado entre intervenciones mayores de un componente. Para efectos de este estudio, su cumplimiento permite comparar la duración efectivamente alcanzada por el componente reparado con la meta previamente definida.

$$\text{Cumplimiento de TBO} = \frac{\text{Horas reales obtenidas}}{\text{Horas comprometidas}} \times 100$$

Cuando el componente cumple o supera las horas comprometidas, se considera que la reparación alcanzó el desempeño esperado. Cuando el resultado es inferior, deben analizarse las causas de la desviación y determinar si estas son atribuibles al servicio realizado, a las condiciones de operación o a otros factores.

El cumplimiento del TBO puede utilizarse como referencia para liberar pagos asociados al desempeño, aplicar incentivos, activar garantías o establecer acciones correctivas.

### 7.8.2. Cumplimiento del plazo de reparación

El cumplimiento del plazo permite medir la capacidad del proveedor para planificar, ejecutar y entregar la reparación dentro de los tiempos comprometidos.

$$\text{Cumplimiento de plazo} = \frac{\text{Reparaciones entregadas dentro del plazo}}{\text{Total de reparaciones}} \times 100$$

Para su aplicación, los contratos deben establecer claramente el hito a partir del cual comienza a contabilizarse el plazo y el momento en que la reparación se considera finalizada.

Asimismo, deben definirse las situaciones que permiten justificar modificaciones del plazo, tales como cambios de alcance, aprobación de mayores obras u otras condiciones ajenas a la gestión del proveedor.

### 7.8.3. Tasa de fallas prematuras

La tasa de fallas prematuras permite medir la proporción de componentes que presentan una falla antes de alcanzar el umbral mínimo de desempeño previamente comprometido.

$$\text{Tasa de fallas prematuras} = \frac{\text{Componentes con falla prematura}}{\text{Total de componentes reparados}} \times 100$$

Para su aplicación, debe establecerse contractualmente qué se entenderá por falla prematura, el periodo u horas de operación considerados para su medición y los criterios utilizados para determinar si la causa es atribuible al proveedor.

Asimismo, el seguimiento debe considerar la reincidencia de fallas, entendida como la repetición de una misma modalidad de falla después de una reparación. Este antecedente permite complementar la evaluación del desempeño del componente y apoyar la determinación de eventuales responsabilidades asociadas a la reparación.

### 7.8.4. Cumplimiento técnico

El cumplimiento técnico evalúa la conformidad de la reparación con los requisitos establecidos en las bases de contratación, especificaciones, procedimientos y estándares aplicables.

Su evaluación puede considerar antecedentes como el informe de evaluación y diagnóstico, la trazabilidad de materiales, los procedimientos de reparación, los ensayos no destructivos, los informes de inspección, el dossier de calidad y la recepción técnica conforme.

Estos requisitos son condiciones mínimas para la aceptación del servicio, por esta razón no necesariamente deben estar sujetos a incentivos, ya que representan las obligaciones básicas que el proveedor debe cumplir antes de la recepción del componente.

### 7.8.5. Contribución operacional

La reparación de un gran componente puede influir en la continuidad y capacidad operacional del equipo de carguío. Para evaluar esta contribución pueden considerarse indicadores como las horas efectivas de operación, las toneladas movidas durante el ciclo del componente, el cumplimiento del plan de mantenimiento y las detenciones atribuibles al componente reparado.

Sin embargo, la productividad de una pala depende de múltiples variables operacionales, tales como la disponibilidad de camiones, las condiciones del frente de carguío, las características del material y otras restricciones del sistema productivo. Por esta razón, estos indicadores deben utilizarse como complemento y no como única medida del desempeño del proveedor.

## 7.9. Indicadores económicos

De acuerdo con la International Electrotechnical Commission (IEC, 2017), la evaluación económica de un activo debe considerar los costos asociados a su ciclo de vida y no únicamente el desembolso inicial. Bajo esta perspectiva, la evaluación del desempeño contractual también requiere incorporar indicadores económicos que permitan relacionar el costo de la reparación con los resultados obtenidos durante la operación del componente.

El precio inicial de una reparación no refleja por sí solo su eficiencia, debido a que el resultado depende también de la duración obtenida y de los costos adicionales que puedan generarse durante el ciclo de operación.

### 7.9.1. Costo por hora operativa

El costo por hora operativa relaciona el valor total de la reparación con las horas de operación alcanzadas por el componente después de la intervención. Este indicador permite comparar reparaciones que presentan distintos costos y niveles de duración, incorporando el desempeño alcanzado durante el periodo de operación.

Una reparación de menor valor inicial no necesariamente representa una alternativa más conveniente, ya que si el componente presenta una falla anticipada o alcanza una menor cantidad de horas de operación, su costo por hora puede resultar superior.

$$\text{Costo por hora operativa} = \frac{\text{Costo total del ciclo de reparación}}{\text{Horas efectivamente operadas}}$$

### 7.9.2. Costo por tonelada

El costo por tonelada relaciona el costo asociado al componente con las toneladas movidas durante su periodo de operación. Este indicador resulta especialmente aplicable a componentes como los baldes, donde el desempeño puede vincularse directamente con el material movilizado.

$$\text{Costo por tonelada} = \frac{\text{Costo asociado al componente}}{\text{Toneladas movidas durante su utilización}}$$

### 7.9.3. Variación del costo final

La variación del costo final mide la diferencia entre el valor inicialmente contratado y el monto finalmente pagado por la reparación. Este indicador resulta relevante en grandes componentes, donde pueden generarse mayores obras o cambios de alcance después del desarme e inspección técnica, afectando la predictibilidad del costo.

$$\text{Variación de costo} = \frac{\text{Costo final} - \text{Costo inicial}}{\text{Costo inicial}} \times 100$$

## 7.10. Modelo tradicional de contratación

El modelo tradicional de contratación para la reparación de componentes se basa principalmente en la definición y ejecución de un alcance técnico específico. La compañía identifica la necesidad, establece los requerimientos técnicos, solicita cotizaciones, evalúa las ofertas y adjudica el servicio.

En este modelo, la obligación principal del proveedor consiste en ejecutar la reparación y entregar el componente conforme a las especificaciones técnicas, estándares de calidad y requisitos documentales establecidos por la compañía. El servicio se considera cumplido una vez que la reparación ha sido ejecutada y el componente es recibido conforme, sin perjuicio de las obligaciones asociadas al periodo de garantía.

El pago se encuentra vinculado principalmente a la ejecución de la reparación y a la recepción conforme del componente. Por esta razón, el desempeño posterior alcanzado durante su operación no forma parte de la estructura de pago, aun cuando puedan existir garantías aplicables frente a fallas atribuibles al servicio realizado.

Este modelo permite definir el alcance técnico de cada reparación y comparar las ofertas presentadas por los proveedores. Sin embargo, en grandes componentes existe incertidumbre respecto de su condición inicial, debido a que el alcance definitivo puede conocerse únicamente después del desarme, inspección y diagnóstico. Esta situación puede generar mayores obras, variaciones en el costo final y modificaciones en los plazos inicialmente considerados.

Dentro de este enfoque pueden utilizarse distintas modalidades de contratación. Para efectos de esta investigación, resulta especialmente relevante la contratación spot o mediante órdenes de servicio individuales, utilizada para gestionar reparaciones puntuales de componentes excluidos de los contratos MARC.

### 7.10.1. Contratación spot

La contratación spot corresponde a la adjudicación puntual de un servicio para atender una necesidad específica. En este tipo de modalidad, cada reparación se gestiona como un proceso independiente, con su propio alcance técnico, solicitud de cotización, evaluación, adjudicación, ejecución y cierre.

En el caso de los grandes componentes excluidos de los contratos MARC, este mecanismo permite atender cada reparación de manera individual. La selección del proveedor se realiza generalmente mediante un proceso de licitación, en el cual las ofertas son evaluadas considerando criterios de circularidad, técnicos y económicos. Sin embargo, en determinadas situaciones, como urgencias operacionales, restricciones de plazo o una oferta limitada de proveedores

especializados, la contratación puede realizarse mediante otros mecanismos de adjudicación.

Entre sus principales ventajas se encuentra la flexibilidad para atender necesidades específicas, la posibilidad de consultar y comparar distintos proveedores y la capacidad de definir un alcance particular para cada reparación. Asimismo, permite incorporar condiciones técnicas específicas y mantener un menor compromiso contractual de largo plazo.

No obstante, cuando esta modalidad se utiliza de manera recurrente para componentes críticos, puede presentar limitaciones asociadas a la repetición de procesos administrativos y contractuales, mayores tiempos para solicitar, evaluar y adjudicar cada reparación, variabilidad de precios y menor capacidad para planificar y controlar los costos. A ello se suma la dependencia de la capacidad disponible del proveedor al momento de la contratación y una relación principalmente transaccional, con menores incentivos para desarrollar capacidades o presencia local en la región.

Asimismo, la gestión individual de cada reparación puede dificultar la continuidad del seguimiento técnico y la trazabilidad del desempeño posterior de los componentes. Las garantías quedan acotadas a las condiciones definidas en cada contratación y puede existir una mayor dificultad para asegurar la disponibilidad de componentes de respaldo.

En este modelo, el proveedor cumple su obligación principal al ejecutar la reparación y entregar el componente conforme a los requisitos técnicos y documentales establecidos. Si posteriormente el componente presenta una duración inferior a la esperada, la compañía debe determinar si la falla es atribuible al servicio realizado y si se encuentra cubierta por la garantía. Por esta razón, una parte importante del riesgo asociado al desempeño posterior del componente permanece en la compañía.

## 7.11. Contratos basados en desempeño

De acuerdo con Selviaridis y Wynstra (2015), los contratos basados en desempeño corresponden a acuerdos en los que la evaluación del proveedor, los pagos o parte de sus obligaciones se vinculan con el cumplimiento de resultados previamente definidos y medibles.

Su principal diferencia respecto de un contrato tradicional radica en el objeto de la contratación. Mientras el modelo tradicional se concentra principalmente en la correcta ejecución y entrega del servicio, el modelo basado en desempeño incorpora también los resultados obtenidos después de la reparación y durante la operación del componente.

En esta línea, Guajardo et al. (2012) analizan empíricamente la relación entre los contratos basados en desempeño y la confiabilidad del producto, aportando evidencia sobre la relevancia de vincular los mecanismos contractuales con los resultados obtenidos.

De acuerdo con Hypko, Tilebein y Gleich (2010), los contratos basados en desempeño se diferencian de los esquemas tradicionales porque la remuneración del proveedor se vincula con el desempeño del activo del cliente y no con los recursos o actividades utilizados. En esta línea, las modalidades de contratación pueden evolucionar desde esquemas centrados en los recursos utilizados y las actividades ejecutadas hacia otros orientados a entregables, resultados y desempeño sostenido. Estos niveles no necesariamente son excluyentes, ya que un mismo contrato puede combinar un pago asociado a la ejecución de la reparación con una parte condicionada al cumplimiento de determinados resultados, como horas operadas, cumplimiento del TBO, ausencia de fallas atribuibles o niveles de confiabilidad previamente establecidos.

La incorporación de criterios de desempeño no reemplaza la obligación del proveedor de ejecutar la reparación conforme a las especificaciones técnicas, procedimientos, estándares de calidad y requisitos documentales definidos por la compañía. Por el contrario, estos requisitos constituyen las condiciones mínimas para la recepción del componente, mientras que el desempeño posterior permite evaluar si la reparación alcanzó los resultados esperados durante su operación.

Para aplicar este tipo de modelo, resulta necesario establecer claramente los resultados que serán evaluados, los indicadores utilizados para medirlos, la línea base o referencia técnica, las metas de desempeño y las responsabilidades de cada una de las partes. Asimismo, el contrato debe definir la estructura de pago, incluyendo los componentes fijos, variables, retenciones, incentivos o penalidades que correspondan, además de las garantías aplicables frente a incumplimientos o fallas atribuibles.

De igual forma, deben quedar establecidas las fuentes de información que serán utilizadas para medir el desempeño, los mecanismos para gestionar cambios de alcance o condiciones operacionales y las condiciones de salida que permitan finalizar la relación contractual sin comprometer la continuidad del servicio.

### 7.11.1. Aplicación a la reparación de grandes componentes

En la reparación de grandes componentes, la aplicación de un contrato basado en desempeño puede estructurarse a partir de una secuencia de etapas que abarque tanto la ejecución como el seguimiento posterior a la reparación:

1. Retiro y traslado del componente al taller.
2. Evaluación técnica, diagnóstico y definición del alcance.
3. Ejecución de la reparación y control de calidad.

4. Entrega, recepción técnica e instalación del componente.
5. Seguimiento del desempeño durante la operación.
6. Evaluación de resultados y aplicación de los mecanismos contractuales.

De esta forma, la responsabilidad del proveedor no termina con la recepción física del componente, sino que, de acuerdo con Xiang et al. (2017), puede extenderse durante un periodo de operación previamente definido. Durante este periodo se evalúa el cumplimiento de los indicadores y metas establecidos, considerando también las condiciones operacionales y la atribución de eventuales fallas.

Esta modalidad permite vincular el resultado de la reparación con el desempeño posterior del componente, pero requiere contar con información confiable, reglas claras de medición y mecanismos que permitan distinguir las responsabilidades de la compañía y del proveedor.

### 7.11.2. Estructura de pago basada en desempeño

De acuerdo con Selviaridis y Wynstra (2015), en los contratos basados en desempeño la estructura de pago puede vincular parte de la remuneración del proveedor con los resultados obtenidos. En el caso de la reparación de grandes componentes, este enfoque permite combinar pagos asociados a la ejecución técnica del servicio con pagos condicionados al desempeño posterior del componente.

Para su aplicación, el contrato debe establecer con claridad los hitos de pago, los indicadores utilizados, las fuentes de información y las condiciones que pueden justificar ajustes o exclusiones en la medición del desempeño.

#### 7.11.2.1. Pago base asociado a la ejecución de la reparación

El pago base corresponde al valor asociado a la ejecución del alcance técnico definido para la reparación y puede distribuirse mediante hitos como la aprobación del diagnóstico, el avance de los trabajos, el control de calidad, la entrega del componente y su recepción técnica conforme.

Esta modalidad permite financiar la ejecución del servicio y reconocer el cumplimiento de las obligaciones técnicas mínimas del proveedor. Sin embargo, por sí sola no vincula el valor pagado con la duración ni con el desempeño alcanzado posteriormente por el componente en operación.

#### 7.11.2.2. Pago variable asociado al desempeño posterior

El pago variable corresponde a la parte del valor de la reparación cuya liberación depende del cumplimiento de los niveles de desempeño establecidos en el contrato.

Los tramos de pago pueden asociarse a la instalación y puesta en servicio, al cumplimiento de horas de operación, toneladas movidas, porcentajes de TBO u otras metas previamente definidas.

Este mecanismo permite vincular los pagos con los resultados obtenidos, sin mantener la totalidad del valor pendiente hasta el término del periodo de evaluación.

Para su aplicación, deben definirse el indicador utilizado, los tramos de cumplimiento, la fuente de información, el inicio del seguimiento y las condiciones que serán excluidas por no ser atribuibles al proveedor.

#### 7.11.2.3. Retención por desempeño

La retención por desempeño consiste en mantener pendiente una proporción del valor de la reparación hasta que el componente alcance un resultado previamente establecido.

La liberación de la retención puede asociarse al cumplimiento de un porcentaje del TBO, a un número mínimo de horas operadas o a la ausencia de fallas atribuibles durante el periodo de seguimiento.

El porcentaje retenido debe ser suficiente para generar un incentivo real al cumplimiento, pero no tan elevado que dificulte innecesariamente la ejecución del servicio o se traduzca en un aumento del valor ofertado.

#### 7.11.2.4. Incentivos por desempeño

Los incentivos corresponden a pagos adicionales asociados a resultados superiores a los niveles mínimos comprometidos. Estos pueden vincularse al cumplimiento de un TBO superior al definido, a una mayor cantidad de horas de operación sin fallas, a la reducción de la reincidencia de fallas o a mejoras en los niveles de confiabilidad del componente reparado.

Asimismo, pueden asociarse a la disminución de los plazos de reparación acordados, la implementación de mejoras técnicas previamente aprobadas, la reducción del costo de reparación por hora operada o la disponibilidad de componentes de respaldo, cuando corresponda. En todos los casos, los incentivos deben relacionarse con resultados verificables y no con el cumplimiento de obligaciones mínimas propias del servicio.

#### 7.11.2.5. Penalidades

Las penalidades pueden aplicarse ante incumplimientos atribuibles al proveedor, como atrasos en los plazos comprometidos, incumplimiento del TBO, fallas prematuras, reincidencia de una misma modalidad de falla, incumplimientos de calidad o falta de disponibilidad de un componente de respaldo comprometido.

La aplicación de una penalidad no reemplaza la obligación del proveedor de corregir el incumplimiento ni las responsabilidades asociadas a las garantías definidas contractualmente.

#### 7.11.2.6. Modelo mixto

Un modelo mixto combina un pago fijo asociado a la ejecución de la reparación con una parte variable vinculada al desempeño posterior del componente. Esta alternativa puede resultar adecuada para grandes componentes, considerando la incertidumbre existente respecto de su condición inicial y la dificultad de transferir completamente al proveedor los riesgos asociados a la operación.

La estructura puede considerar un pago base por el diagnóstico y ejecución de la reparación, complementado con pagos progresivos asociados a las horas operadas, retenciones vinculadas al cumplimiento del TBO, incentivos por superar las metas comprometidas, garantías frente a fallas atribuibles y penalidades por incumplimientos de plazo o desempeño. Asimismo, pueden establecerse ajustes frente a condiciones operacionales extraordinarias previamente definidas.

La combinación y proporción de estos elementos debe determinarse según el tipo de componente, la información histórica disponible, la capacidad de medición y el nivel de riesgo que se busca distribuir entre la compañía y el proveedor.

### 7.11.3. Garantías

La garantía corresponde al compromiso del proveedor de responder frente a fallas o incumplimientos atribuibles a la reparación durante un periodo determinado.

En un modelo tradicional, la garantía suele establecerse mediante un plazo calendario, horas de operación o la condición que ocurra primero. En un modelo basado en desempeño, resulta necesario definir con mayor precisión las fallas cubiertas, el periodo de vigencia, las horas mínimas comprometidas, los mecanismos de investigación conjunta, los plazos de respuesta, los costos asumidos por cada parte y los mecanismos de resolución de controversias.

La garantía debe diferenciar entre una falla atribuible a la reparación y una originada por condiciones externas, como sobrecarga, operación fuera de estándar, daño accidental o falta de mantenimiento.

### 7.11.4. Componente de respaldo

La disponibilidad de componentes de respaldo permite mantener la operación mientras el componente retirado se encuentra en reparación, evitando que el tiempo de intervención genere una detención prolongada del equipo.

El ciclo puede operar de la siguiente manera:




Figura 7.1. Ciclo de gestión del componente de respaldo

Fuente: Elaboración propia

Una vez reparado y validado, el componente puede volver a utilizarse o quedar disponible para un próximo intercambio. Este esquema mejora la continuidad operacional, facilita la planificación de las reparaciones y reduce la necesidad de intervenciones urgentes.

Para su implementación, deben definirse aspectos como la propiedad, compatibilidad, condición, custodia, almacenamiento y responsabilidades.

### 7.11.5. Alineación de incentivos

De acuerdo con Selviaridis y Wynstra (2015), los contratos basados en desempeño buscan alinear los incentivos del proveedor con los resultados esperados por la organización contratante, vinculando parte de su remuneración al cumplimiento de resultados previamente definidos.

En un modelo tradicional, el pago se asocia principalmente a la ejecución de la reparación. En cambio, en un contrato basado en desempeño, el proveedor puede beneficiarse por mejorar la calidad, extender la vida útil, reducir fallas, optimizar procedimientos y disminuir los tiempos y costos asociados.

Esta relación no implica transferir toda la responsabilidad al proveedor, ya que la compañía también debe asegurar condiciones adecuadas de operación, mantenimiento, registro de información y gestión de fallas. Por ello, los riesgos y obligaciones deben distribuirse de manera equilibrada entre ambas partes.

### 7.11.6. Distribución de riesgos

De acuerdo con Selviaridis y Norrman (2014), en los contratos basados en desempeño la distribución de riesgos constituye un elemento relevante del diseño contractual, debido a que una mayor vinculación con los resultados puede modificar la exposición asumida por cada una de las partes.

Como principio general, los riesgos deben asignarse considerando la capacidad de cada parte para gestionarlos, controlarlos o mitigar sus efectos. En este contexto, una adecuada distribución de riesgos evita que el proveedor asuma variables que se encuentran fuera de su control y, al mismo tiempo, establece responsabilidades frente a factores directamente asociados a la ejecución y calidad de la reparación.

#### 7.11.6.1. Riesgos del proveedor

El proveedor puede asumir riesgos asociados a la calidad de la reparación, procedimientos, materiales, personal, plazos, controles, documentación, fallas atribuibles y disponibilidad del respaldo comprometido.

#### 7.11.6.2. Riesgos de la compañía

La compañía puede mantener los riesgos relacionados con las condiciones de operación, mantenimiento posterior, daños externos, demoras en aprobaciones, cambios de alcance y variaciones de la demanda.

#### 7.11.6.3. Riesgos compartidos

Algunos riesgos pueden requerir una asignación compartida entre la compañía y el proveedor, especialmente cuando su origen no depende exclusivamente de una de las partes. Entre ellos pueden encontrarse la condición inicial incierta del componente, fallas de causas múltiples, obsolescencia, restricciones logísticas, fuerza mayor o cambios regulatorios.

El contrato debe definir cómo analizar las causas, asignar responsabilidades y resolver discrepancias antes de aplicar penalidades o activar garantías.

### 7.11.7. Asignación de responsabilidades y matriz RACI

En contratos donde participan distintas áreas, es necesario establecer claramente las responsabilidades asociadas a cada actividad. Para ello puede utilizarse la matriz RACI, que el Project Management Institute (PMI, 2025) define a partir de cuatro roles: Responsable (R) quien ejecuta la actividad; Aprobador (A), quien responde por su resultado final; Consultado (C), quien aporta antecedentes para la toma de decisiones; e Informado (I), quien debe conocer su avance o resultado.

Su aplicación resulta relevante en contratos basados en desempeño, donde actividades como la validación de indicadores, atribución de fallas, gestión de garantías y liberación de pagos requieren responsabilidades previamente definidas.

## 7.12. Métodos de evaluación

Para comparar el modelo tradicional de contratación con un modelo basado en desempeño, se utiliza una evaluación multicriterio. De acuerdo con Belton y Stewart (2002), este tipo de metodología permite estructurar problemas de decisión en los que intervienen múltiples objetivos y criterios, facilitando la comparación sistemática entre distintas alternativas.

En el presente estudio, este enfoque permite analizar ambos modelos desde una perspectiva integral, considerando que la decisión contractual no puede sustentarse únicamente en el precio inicial de la reparación. Por esta razón, la evaluación incorpora criterios de carácter económico, operacional, de proveedores, contractual y riesgos, además de aspectos relacionados con la gestión de información.

Entre los elementos considerados se encuentran el costo y su predictibilidad, la ocurrencia de mayores obras, los plazos de contratación y reparación, el desempeño posterior del componente, la estructura de garantías, la distribución de riesgos, la capacidad técnica y financiera de los proveedores, la disponibilidad de componentes de respaldo y la trazabilidad de la información, entre otros aspectos relevantes para la gestión de las reparaciones. Cada criterio se pondera de acuerdo con su importancia relativa para la operación y las alternativas se califican mediante una escala común, permitiendo obtener un resultado ponderado para cada modelo contractual.

El análisis también considera las limitaciones existentes en la información histórica, especialmente respecto de la trazabilidad de los componentes, las horas operadas después de cada reparación, el cumplimiento individual del TBO y la atribución de las fallas. Estas brechas deben ser consideradas en la evaluación, debido a que pueden afectar la capacidad de medir el desempeño y aplicar pagos, incentivos, garantías o penalidades vinculados a resultados operacionales.

La evaluación multicriterio permite identificar las principales diferencias entre ambos modelos y las condiciones necesarias para la implementación de un esquema de contratación basado en desempeño en la reparación de grandes componentes de palas eléctricas.

# 8. DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA

En este capítulo se evalúan los modelos de contratación analizados, considerando el modelo actual, su comparación con un esquema basado en desempeño y la evaluación multicriterio. A partir de los resultados, se formula una propuesta contractual y lineamientos para su implementación gradual.

## 8.1. Análisis aplicado del modelo actual

La gestión actual de la reparación de grandes componentes excluidos de contratos MARC se realiza mediante procesos individuales de contratación, los cuales se activan según la necesidad de reparación o intervención de cada componente.

Si bien la compañía cuenta con antecedentes técnicos que permiten anticipar estas necesidades, la gestión contractual continúa desarrollándose caso a caso, administrando separadamente la planificación, contratación, ejecución, mayores obras, garantías y evaluación posterior del componente.

A continuación, se analiza el funcionamiento actual del proceso considerando sus principales dimensiones: planificación de la reparación, contratación y adjudicación, ejecución, estructura de pago, garantías, seguimiento y gestión de proveedores.

### 8.1.1. Planificación de la necesidad

Collahuasi cuenta con una planificación de cambio de componentes con un horizonte móvil de cinco años, que se actualiza anualmente en el proceso de presupuesto quinquenal de la compañía. Esta planificación considera las horas acumuladas y proyectadas de los equipos y los TBO de cada familia de componentes, permitiendo estimar las intervenciones futuras de las flotas de palas eléctricas HR y P&H. La versión utilizada en este estudio corresponde a la elaborada en agosto de 2026.

Para el periodo 2027–2031, se proyecta la siguiente cantidad de componentes a reparar por familia y por flota:

| Componente | TBO | Unidad | Flota HR | Flota P&H | Total |
|---|---|---|---|---|---|
| Pluma | 25.000 | Horas | 2 | 6 | 8 |
| Mango | 25.000 | Horas | 2 | 11 | 13 |
| Bastidores | 25.000 | Horas | 3 | 8 | 11 |
| Correderas | 25.000 | Horas | 2 | 11 | 13 |
| Balde | 30 | MTon | 14 | 45 | 59 |
| **Total** | | | **23** | **81** | **104** |

Tabla 8.1. Elaboración propia a partir del presupuesto quinquenal 2027–2031

La planificación vigente permite contar con una visión anticipada de la demanda de reparación y ajustar periódicamente las necesidades de intervención en función de la evolución operacional de los equipos.

Sin embargo, esta información técnica no se utiliza actualmente de manera sistemática como insumo para definir una estrategia contractual de mayor alcance. En consecuencia, las reparaciones continúan gestionándose mediante procesos individuales a medida que se aproxima cada intervención.

Esta situación evidencia una brecha entre la planificación de las reparaciones y la planificación contractual, limitando la posibilidad de anticipar los procesos de contratación, establecer condiciones comerciales con mayor horizonte y gestionar de manera integrada la demanda futura de reparaciones.

### 8.1.2. Solicitud, cotización y adjudicación

Cuando se aproxima la necesidad de reparación de un componente, se inicia el proceso de contratación correspondiente, el cual considera las etapas de preparación de antecedentes, solicitud de ofertas, evaluación técnica y económica, adjudicación y formalización de la contratación, de acuerdo con los procedimientos internos vigentes.

Para este tipo de procesos, el plazo formal considerado desde el inicio de la contratación hasta su adjudicación es de 104 días. Este periodo resulta significativo considerando la criticidad de los componentes involucrados y la necesidad de contar oportunamente con alternativas de reparación disponibles para dar continuidad a la planificación de mantenimiento.

En situaciones excepcionales asociadas a requerimientos operacionales urgentes, puede recurrirse a mecanismos de adjudicación directa, sujetos a las aprobaciones y condiciones establecidas por la compañía.

Al gestionarse cada reparación mediante un proceso individual, las etapas de solicitud, evaluación y adjudicación deben desarrollarse nuevamente para cada componente, aun cuando parte de estas necesidades puedan ser anticipadas a través de la planificación existente.

Esta forma de contratación genera una carga administrativa recurrente y mantiene plazos de contratación extensos para necesidades que, en una proporción importante, son previsibles con anticipación. Esto reduce la capacidad de establecer oportunamente condiciones técnicas y comerciales y limita una gestión más anticipada de las reparaciones proyectadas.

### 8.1.3. Ejecución y gestión de mayores obras

Una vez adjudicada la reparación, el componente es sometido a las actividades de desarme, inspección y diagnóstico técnico necesarias para determinar su condición real y definir el alcance definitivo de los trabajos.

Debido a las características de los grandes componentes, durante esta etapa pueden identificarse daños o requerimientos adicionales que no fue posible determinar completamente al momento de la contratación inicial, dando origen a mayores obras que deben ser evaluadas y aprobadas antes de su ejecución.

Actualmente, la gestión de mayores obras considera la validación técnica del alcance por parte de las áreas responsables, la evaluación económica de la oferta presentada por el proveedor y las aprobaciones correspondientes de acuerdo con los niveles de autoridad establecidos por la compañía.

Sin embargo, al gestionarse cada reparación de manera individual y no contar con condiciones comerciales previamente definidas para este tipo de trabajos, cada mayor obra requiere una nueva instancia de evaluación y aprobación.

Para complementar este análisis, se revisaron las reparaciones gestionadas durante el periodo 2025 – 2026, correspondientes a componentes de las flotas de palas eléctricas P&H y HR. De un total de 23 reparaciones registradas, 12 presentaron mayores obras y una variación respecto del valor originalmente contratado, equivalente a aproximadamente un 52% de los casos analizados.

| Componente | Casos con mayores obras | Valor promedio inicial (kUSD) | Valor promedio final (kUSD) | Incremento promedio por mayores obras (kUSD) | Variación |
|---|---|---|---|---|---|
| Bastidores | 6 | 1.012 | 1.055 | 43 | 4,2% |
| Baldes | 5 | 692 | 869 | 177 | 25,7% |
| Pluma | 1 | 466 | 500 | 34 | 7,4% |

Tabla 8.2. Variación costos por mayores obras en reparaciones

Nota: Valores expresados en miles de dólares estadounidenses (kUSD), utilizando para efectos comparativos un tipo de cambio referencial de CLP 900/USD.

Los antecedentes analizados muestran que las mayores obras presentan una incidencia relevante en las reparaciones revisadas, al identificarse en aproximadamente la mitad de los casos. Asimismo, su impacto económico varía según la familia de componente. En la muestra analizada, los baldes presentan la mayor variación respecto del valor inicialmente contratado, con un incremento de aproximadamente 25,7%, mientras que en bastidores y plumas la variación alcanza aproximadamente 4,2% y 7,4%, respectivamente.

Si bien la información corresponde a un periodo acotado y no permite establecer un comportamiento generalizable para la totalidad de las reparaciones futuras, los

resultados permiten evidenciar que la condición real identificada durante el diagnóstico puede generar modificaciones relevantes respecto del costo inicialmente contratado. A ello se suma el tiempo requerido para la revisión técnica, evaluación económica y aprobación de los trabajos adicionales, lo que afecta tanto la predictibilidad del costo final como los plazos asociados a la ejecución de la reparación.

### 8.1.4. Estructura de pago

En el modelo actual, el pago de la reparación se encuentra asociado principalmente a la ejecución de los trabajos contratados y a la recepción conforme del componente, una vez verificado el cumplimiento de las condiciones técnicas, de calidad y documentales establecidas.

Una vez cumplidos estos requisitos, el valor de la reparación es pagado de acuerdo con las condiciones comerciales definidas para cada contratación, sin que exista una vinculación directa entre una parte del pago y el desempeño posterior del componente una vez instalado y puesto nuevamente en operación.

De esta manera, variables como el cumplimiento de la vida útil esperada, las horas efectivamente operadas, las toneladas movidas o la ocurrencia de fallas prematuras no forman parte actualmente del mecanismo de remuneración del servicio.

Esta estructura permite reconocer económicamente la ejecución y conformidad técnica de la reparación, pero genera un bajo alineamiento económico entre el pago realizado al proveedor y el desempeño posterior obtenido por el componente durante su operación.

### 8.1.5. Garantía y riesgo

Las reparaciones consideran mecanismos de garantía destinados a cubrir fallas atribuibles al servicio ejecutado durante un periodo previamente definido. Ante la ocurrencia de una falla dentro de dicho periodo, corresponde realizar la evaluación técnica respectiva y determinar su causa antes de activar las acciones contractuales aplicables.

Sin embargo, la ejecución efectiva de una garantía puede verse condicionada por factores operacionales, especialmente cuando no se dispone de un componente de respaldo que permita realizar un recambio inmediato o cuando retirar nuevamente el componente afecta la disponibilidad de un equipo crítico para la operación.

En estas condiciones, aun cuando exista una cobertura contractual frente a una falla atribuible al proveedor, la compañía mantiene una exposición operacional asociada al tiempo requerido para retirar, reparar o reemplazar el componente y recuperar la disponibilidad del equipo.

Adicionalmente, la aplicación de una garantía requiere establecer con claridad la causa de la falla y su atribuibilidad, considerando que el desempeño posterior del componente también puede verse afectado por condiciones de operación, mantenimiento, sobrecarga u otros factores externos al servicio de reparación.

Por lo anterior, la efectividad de la garantía no depende únicamente de su existencia contractual, sino también de la disponibilidad de información técnica, trazabilidad del componente, criterios de atribución de fallas y alternativas operacionales que permitan ejecutar la garantía sin comprometer de manera significativa la continuidad operacional.

### 8.1.6. Seguimiento y gestión de proveedores

Actualmente, cada reparación genera antecedentes relacionados con plazos, costos, mayores obras, garantías y otros registros técnicos y contractuales. Sin embargo, esta información no se encuentra consolidada, lo que dificulta el seguimiento histórico de los componentes reparados y la comparación estructurada entre proveedores.

Adicionalmente, los antecedentes se encuentran distribuidos entre archivos, registros y bases administradas por distintas áreas, sin integración con el ERP de la compañía (Ellipse). Como consecuencia, reconstruir el historial de una reparación requiere recurrir a distintas fuentes, reduciendo la trazabilidad y disponibilidad oportuna de información sobre costos, garantías, fallas, horas operadas y cumplimiento del TBO.

En la práctica, las reparaciones son ejecutadas por un grupo relativamente estable de talleres especializados, con rotación según los resultados de cada proceso de contratación y su disponibilidad. No obstante, el desempeño de los proveedores no se encuentra consolidado en una herramienta común que permita utilizar la experiencia acumulada en futuras evaluaciones, negociaciones y decisiones de contratación.

Por lo anterior, existe una oportunidad de fortalecer la centralización, trazabilidad y disponibilidad de la información asociada a las reparaciones, facilitando la gestión de garantías, evaluación de proveedores y futuras decisiones de contratación.

A continuación, se resumen las principales características del modelo actual y sus implicancias para la gestión:

| Dimensión | Situación actual | Principal Implicancia |
|---|---|---|
| Planificación | Existe una planificación a cinco años, actualizada anualmente según horas acumuladas, proyección y TBO, pero no se utiliza como insumo para una estrategia contractual de mayor alcance. | Menor anticipación de los procesos de contratación y de las condiciones comerciales asociadas a las reparaciones futuras. |
| Contratación | Cada reparación se gestiona mediante un proceso individual de solicitud, evaluación y adjudicación, con un plazo formal de contratación de 104 días. | Plazos extensos y carga administrativa recurrente para necesidades que, en una proporción importante, pueden anticiparse. |
| Mayores obras | El alcance puede modificarse tras el desarme, inspección y diagnóstico, requiriendo validación técnica, evaluación económica y aprobaciones. | Variabilidad respecto del valor inicialmente contratado y potencial extensión de los plazos de ejecución. |
| Estructura de pago | El pago se asocia principalmente a la ejecución y recepción conforme de la reparación, sin vincularse directamente con su desempeño posterior. | Bajo alineamiento económico entre la remuneración del proveedor y el desempeño posterior del componente. |
| Garantías y riesgo | Existen garantías para fallas atribuibles, cuya aplicación depende de determinar su causa y puede verse condicionada por la disponibilidad de respaldo y la criticidad operacional. | La garantía contractual no elimina completamente la exposición operacional asociada a una falla prematura. |
| Proveedores | Las reparaciones son ejecutadas por un grupo estable de talleres especializados, con rotación según los resultados de contratación y su disponibilidad. | La experiencia acumulada con los proveedores no se utiliza de manera estructurada para comparar su desempeño histórico. |
| Información y trazabilidad | Los antecedentes se encuentran distribuidos entre distintas fuentes y áreas, sin integración con el ERP ni disponibilidad transversal. | Dificultad para reconstruir el historial de los componentes, comparar proveedores y disponer oportunamente de información para futuras decisiones. |

Tabla 8.3. Síntesis del modelo actual de gestión de reparaciones

## 8.2. Comparación del modelo actual versus modelo basado en desempeño

La comparación entre el modelo actual de contratación y un modelo basado en desempeño permite identificar las principales diferencias en la planificación de las reparaciones, estructura de pago, gestión de riesgos, relación con los proveedores y seguimiento posterior de los componentes.

El modelo propuesto considera una contratación de mayor alcance, con condiciones previamente definidas y un pago asociado a los resultados de la reparación. Su objetivo no es reemplazar los controles técnicos, comerciales o contractuales existentes, sino complementarlos mediante mecanismos que permitan vincular de manera más directa la reparación ejecutada con el desempeño posterior del componente.

Las dimensiones utilizadas en la comparación se definieron a partir de dos fuentes. Por una parte, los elementos que la literatura identifica como propios de un contrato basado en desempeño: vinculación del pago con resultados medibles, distribución de riesgos según la capacidad de gestión de cada parte y alineación de incentivos (Hypko et al., 2010; Selviaridis y Norrman, 2014; Selviaridis y Wynstra, 2015). Por otra, las brechas del modelo actual identificadas en el diagnóstico y en el análisis aplicado del proceso.

Adicionalmente, la compañía cuenta con experiencia en este tipo de esquemas, ya que los contratos MARC de la flota de carguío incorporan disponibilidades contractuales de los equipos. En este sentido, el modelo propuesto no introduce una lógica ajena a Collahuasi, sino que extiende un principio ya aplicado en sus contratos de mantenimiento a los grandes componentes que quedan excluidos de ellos.

A continuación, se presentan las principales diferencias entre ambos modelos:

| Dimensión | Modelo actual | Modelo basado en desempeño |
|---|---|---|
| Estrategia de contratación | Procesos individuales por cada reparación. | Contrato de mayor alcance que agrupa necesidades proyectadas y proveedores previamente evaluados. |
| Planificación | Existe planificación técnica a cinco años, pero su utilización contractual es limitada. | Utiliza la planificación de componentes como insumo para anticipar las necesidades contractuales. |
| Predictibilidad de costos | El precio se define por cada reparación y las mayores obras se gestionan caso a caso. | Condiciones comerciales y mecanismos para mayores obras definidos previamente, reduciendo parte de la variabilidad. |

| | | |
|---|---|---|
| Estructura de pago | Pago asociado a la ejecución y recepción conforme de la reparación. | Pago base por la reparación más un pago asociado al desempeño posterior. |
| Mayores obras | Requieren evaluación y aprobación para cada reparación. | Puede incorporar condiciones comerciales previamente acordadas para su gestión. |
| Garantías | Se gestionan mediante reclamos posteriores ante fallas atribuibles. | Se complementan con mecanismos de pago progresivo o retención vinculados al desempeño. |
| Distribución de riesgos | Parte importante del riesgo operacional permanece en la compañía. | Asigna los riesgos según la capacidad de cada parte para gestionarlos. |
| Incentivos | La remuneración no se vincula directamente con la vida útil obtenida. | Parte de la remuneración depende del cumplimiento de indicadores de desempeño. |
| Proveedores | Participación recurrente de talleres, sin evaluación histórica consolidada de desempeño. | Incorpora seguimiento sistemático del desempeño para apoyar futuras evaluaciones y decisiones. |
| Información y trazabilidad | Información distribuida entre distintas fuentes y áreas. | Requiere información centralizada y trazable por componente y proveedor. |
| Flexibilidad | Alta para necesidades puntuales y contrataciones específicas. | Requiere definir mecanismos para atender necesidades no contempladas inicialmente. |
| Complejidad administrativa | Proceso conocido, pero repetitivo para cada reparación. | Mayor esfuerzo de diseño inicial, con potencial reducción de procesos administrativos recurrentes. |

Tabla 8.4. Comparación entre el modelo actual y el modelo basado en desempeño

La comparación evidencia que el modelo basado en desempeño introduce mecanismos orientados a una mayor anticipación contractual, alineamiento de incentivos y seguimiento del resultado de las reparaciones. Sin embargo, también incorpora mayores exigencias de diseño, información y gestión, las cuales deben ser consideradas para evaluar su conveniencia y factibilidad.

### 8.2.1. Análisis de fortalezas, debilidades y principales desafíos

El modelo basado en desempeño presenta ventajas relevantes frente al esquema actual, principalmente por la posibilidad de anticipar parte de la demanda de reparaciones, establecer condiciones contractuales con mayor horizonte y vincular una parte del costo de la reparación con el resultado posterior del componente.

Entre sus principales fortalezas se encuentra una mayor capacidad de planificación contractual, al utilizar la programación de cambio de componentes como insumo para estructurar necesidades futuras. Asimismo, la definición anticipada de condiciones comerciales puede contribuir a reducir la variabilidad asociada a procesos individuales de contratación y facilitar la gestión de mayores obras.

Otra fortaleza corresponde al alineamiento de incentivos, ya que mientras el modelo actual concentra el pago en la ejecución y recepción conforme de la reparación, el modelo propuesto incorpora un pago asociado al cumplimiento de resultados verificables durante la operación, generando un vínculo económico entre la reparación ejecutada y el desempeño posterior del componente.

Sin embargo, el modelo también introduce mayores exigencias. Su implementación requiere definir indicadores, líneas base, mecanismos de medición, reglas de atribución de fallas y condiciones de pago que actualmente no se encuentran completamente desarrolladas. A ello se suma la necesidad de contar con información centralizada y trazable que permita medir el desempeño de cada componente y proveedor.

También existe una relación de equilibrio entre predictibilidad y flexibilidad. La definición anticipada de condiciones contractuales puede mejorar la planificación y reducir la necesidad de negociar cada reparación desde el inicio, pero al mismo tiempo requiere establecer mecanismos que permitan responder a necesidades imprevistas, cambios de alcance o condiciones que no hayan sido consideradas inicialmente.

Por lo tanto, el modelo basado en desempeño no representa una mejora automática en todas las dimensiones analizadas. Su conveniencia dependerá de lograr un equilibrio entre una mayor anticipación, predictibilidad y alineamiento de incentivos, y las exigencias adicionales de información, gobernanza y diseño contractual necesarias para su funcionamiento.

## 8.3. Evaluación multicriterio y factibilidad

Con el propósito de comparar ambos modelos de contratación desde una perspectiva integral, se utiliza una evaluación multicriterio que considera variables económicas, operacionales, de proveedores, contractuales, de riesgos y de gestión de información. Este enfoque permite analizar simultáneamente factores de distinta naturaleza, considerando que la selección de una alternativa contractual no puede sustentarse únicamente en el precio inicial de la reparación.

Como se señaló en el marco teórico, en este tipo de evaluación las ponderaciones representan la importancia relativa que el decisor asigna a cada dimensión, por lo que su definición debe ser explícita y coherente con el contexto y los objetivos de la decisión (Belton y Stewart, 2002).

Para efectos del presente estudio, los criterios fueron agrupados en cinco dimensiones: económica, operacional, proveedores, contractual y riesgos, y gestión e información. La estructura busca representar tanto los resultados esperados del modelo contractual como las condiciones necesarias para su aplicación.

| Dimensión | Ponderación | Criterios considerados |
|---|---|---|
| Económica | 30% | Predictibilidad de costos; variación entre valor estimado y costo final; gestión de mayores obras; capacidad de planificación financiera. |
| Operacional | 30% | Plazos de contratación; continuidad operacional; disponibilidad de respaldo; desempeño del componente reparado. |
| Proveedores | 20% | Capacidad técnica y financiera; especialización disponible; dependencia del mercado. |
| Contractual y riesgos | 10% | Distribución de riesgos; garantías; complejidad contractual. |
| Gestión e información | 10% | Trazabilidad; capacidad de medición y seguimiento. |

Tabla 8.5. Dimensiones, criterios y ponderación de la evaluación multicriterio

Los criterios se definieron a partir de las brechas identificadas en el diagnóstico y de los elementos que la literatura considera relevantes en un contrato basado en desempeño. Así, los criterios económicos responden a la variabilidad de costos y mayores obras observada en el modelo actual; los operacionales, a los plazos de contratación, la ausencia de respaldo y el desempeño posterior del componente; los de proveedores, a la concentración del mercado y la capacidad de los talleres; los contractuales y de riesgos, a la distribución de responsabilidades y garantías; y los de gestión e información, a la falta de trazabilidad. La cantidad de criterios no responde a un número predefinido, sino a la necesidad de cubrir cada una de estas brechas evitando duplicidades entre ellos. El listado fue revisado con los profesionales participantes, quienes validaron su pertinencia para el proceso analizado.

La asignación de las ponderaciones no se plantea como una distribución universal aplicable a cualquier proceso de contratación, sino como una estructura definida para las características particulares del problema analizado. Para su construcción se consideran como referencia la metodología de evaluación multicriterio, las

prácticas utilizadas habitualmente por la compañía en sus procesos de evaluación contractual y la revisión realizada con profesionales de las principales áreas vinculadas a la gestión de estas reparaciones.

Como referencia organizacional, los procesos de contratación de la compañía consideran habitualmente dimensiones económicas, técnicas y de circularidad. Como estructura estándar, se considera una ponderación de 60% para la evaluación económica, 20% para la evaluación técnica y 20% para circularidad.

Para el presente estudio, esta estructura fue adaptada debido a que la comparación entre un modelo tradicional y uno basado en desempeño requiere incorporar variables adicionales. Por esta razón, las dimensiones económica y operacional reciben una ponderación de 30% cada una; proveedores, 20%; contractual y riesgos, 10%; y gestión e información, 10%.

La dimensión económica recibe una ponderación de 30% debido a que concentra variables directamente relacionadas con la predictibilidad de costos, la planificación financiera, las variaciones entre el valor inicialmente contratado y el costo final, y la gestión de mayores obras. Estos elementos adquieren especial relevancia considerando que el estudio busca evaluar el impacto potencial del modelo contractual sobre la sostenibilidad financiera asociada a la gestión de estas reparaciones.

La dimensión operacional recibe igualmente una ponderación de 30%, dado que el resultado de una reparación no puede evaluarse exclusivamente desde su costo. Los plazos de contratación, la disponibilidad de componentes de respaldo y el desempeño posterior del componente reparado condicionan la efectividad del modelo y pueden generar impactos directos sobre la continuidad y planificación de las intervenciones.

La dimensión proveedores recibe una ponderación de 20%, considerando que la capacidad técnica y financiera de los talleres, su especialización y la concentración del mercado condicionan directamente la posibilidad de implementar un contrato de mayor alcance y con compromisos asociados al desempeño posterior del componente.

Las dimensiones contractual y riesgos, y gestión e información, reciben una ponderación de 10% cada una. Si bien ambas son necesarias para el funcionamiento del modelo, se consideran condiciones habilitantes. La primera permite establecer responsabilidades, garantías y distribución de riesgos entre las partes, mientras que la segunda permite disponer de la trazabilidad y capacidad de medición necesarias para administrar indicadores y pagos asociados al desempeño.

Dentro de cada dimensión, los criterios reciben la misma ponderación. De esta manera, la importancia relativa se define principalmente entre las cinco dimensiones de análisis, mientras que los criterios contenidos en cada una participan de forma equivalente en la evaluación.

Con el propósito de fortalecer la consistencia de la evaluación, las dimensiones y ponderaciones fueron revisadas por profesionales vinculados directamente con la gestión de reparación de grandes componentes, pertenecientes a las áreas de mantenimiento y reparables, planificación y confiabilidad, abastecimiento y contratos, y gestión económica y control de costos. Esta participación permitió incorporar distintas perspectivas del proceso y reducir la dependencia de una apreciación individual.

En consecuencia, las ponderaciones se sustentan en la metodología multicriterio, las prácticas de evaluación contractual de la compañía y la validación realizada con profesionales de las áreas involucradas, fortaleciendo la consistencia y trazabilidad de la evaluación.

La evaluación multicriterio se complementa posteriormente con un análisis de factibilidad, orientado a identificar las principales condiciones requeridas para una eventual implementación del modelo basado en desempeño.

### 8.3.1. Escala de evaluación

Para calificar ambos modelos se utiliza una escala común de 1 a 5, donde una mayor puntuación representa una condición más favorable respecto del criterio evaluado. La misma escala se aplica tanto al modelo actual como al modelo basado en desempeño.

| Nota | Descriptor | Interpretación |
|---|---|---|
| 1 | Deficiente | El modelo presenta una condición claramente desfavorable respecto del criterio evaluado. |
| 2 | Insuficiente | El modelo aborda el criterio de manera parcial o depende principalmente de gestiones caso a caso. |
| 3 | Aceptable | El modelo cuenta con mecanismos para abordar el criterio, aunque mantiene limitaciones relevantes. |
| 4 | Adecuado | El modelo aborda el criterio de manera estructurada y presenta condiciones favorables para su gestión. |
| 5 | Sobresaliente | El modelo aborda el criterio de manera estructurada, consistente y con alto nivel de alineamiento con los resultados esperados. |

Tabla 8.6. Escala de calificación para la evaluación multicriterio

Las calificaciones fueron definidas en conjunto con los cuatro profesionales señalados anteriormente, uno por cada área participante, mediante reuniones de trabajo. En ellas se revisó cada criterio utilizando la escala de 1 a 5 y se discutieron los antecedentes disponibles del modelo actual y las características de la propuesta, hasta llegar a una calificación acordada por consenso. Este mecanismo permitió

contrastar las distintas perspectivas de las áreas involucradas y fundamentar cada nota, reduciendo la influencia de apreciaciones individuales.

Para evaluar el modelo actual, se consideraron las condiciones observadas en el proceso vigente, mientras que para el modelo basado en desempeño se evaluaron los mecanismos definidos en la propuesta y las condiciones necesarias para su implementación.

Las calificaciones no representan una valoración absoluta de cada modelo, sino el grado en que cada alternativa responde a las condiciones definidas para cada criterio. Una calificación 5 representa una condición altamente favorable y estructurada; una calificación 4, una condición favorable con aspectos sujetos a implementación o validación; una calificación 3, una situación intermedia con limitaciones relevantes; y las calificaciones 1 y 2 representan condiciones desfavorables o mecanismos insuficientes.

### 8.3.2. Calificación comparativa por criterio

A partir de las dimensiones y criterios definidos, se obtuvieron las calificaciones acordadas para ambos modelos. La evaluación del modelo actual se basó en las condiciones observadas del proceso vigente, mientras que para el modelo basado en desempeño se consideraron los mecanismos y características definidos en la propuesta.

La tabla siguiente presenta las calificaciones obtenidas y la fundamentación asociada a cada criterio.

| Dimensión | Criterio | Modelo actual | Modelo desempeño | Justificación |
|---|---|---|---|---|
| Económica (30%) | Predictibilidad de costos | 2 | 4 | El modelo actual define precios por cada proceso y gestiona mayores obras caso a caso. El modelo propuesto permite establecer condiciones comerciales con mayor anticipación. |
| | Variación entre valor inicial y costo final | 2 | 3 | La incertidumbre respecto de la condición real del componente se mantiene en ambos modelos, aunque condiciones previamente definidas pueden reducir parte de la variabilidad. |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Gestión de mayores obras | 3 | 4 | El modelo actual cuenta con un proceso de evaluación y aprobación, mientras que el propuesto puede incorporar referencias y condiciones comerciales previamente acordadas. |
| | Capacidad de planificación financiera | 2 | 4 | El modelo actual entrega visibilidad principalmente a nivel de cada reparación. El modelo propuesto permite mejorar la planificación presupuestaria al contar con condiciones comerciales definidas con mayor anticipación para las reparaciones proyectadas. |
| Operacional (30%) | Plazo de contratación | 2 | 4 | El modelo actual requiere desarrollar procesos individuales por cada reparación, con un plazo formal de contratación de 104 días. Un contrato de mayor alcance permitiría reducir la repetición de etapas administrativas y anticipar la adjudicación de necesidades. |
| | Continuidad operacional | 2 | 3 | Una contratación anticipada puede mejorar la capacidad de respuesta, aunque la continuidad depende también de condiciones operacionales externas al contrato. |
| | Disponibilidad de componentes de respaldo | 1 | 4 | En el modelo actual, la disponibilidad de componentes de respaldo no forma parte del servicio de |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | | reparación. El modelo propuesto puede incorporar como condición contractual el suministro de componentes de respaldo por parte del proveedor. |
| | Desempeño del componente reparado | 2 | 4 | El modelo actual no vincula el pago al desempeño posterior, mientras que el propuesto incorpora indicadores asociados al cumplimiento del TBO y a fallas atribuibles. |
| Proveedores (20%) | Capacidad técnica y financiera | 3 | 3 | Corresponde principalmente a una condición propia del mercado de proveedores y no cambia por el mecanismo contractual. |
| | Especialización disponible | 3 | 3 | La disponibilidad de talleres especializados se mantiene relativamente estable bajo ambos modelos. |
| | Dependencia del mercado | 2 | 3 | Un contrato de mayor alcance puede favorecer relaciones de mayor continuidad y desarrollo de proveedores, aunque no elimina la concentración del mercado. |
| Contractual y riesgos (10%) | Distribución de riesgos | 2 | 4 | El modelo propuesto permite asignar de manera más explícita responsabilidades y riesgos según la capacidad de cada parte para gestionarlos. |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Garantías | 2 | 3 | El modelo propuesto complementa la garantía con mecanismos de pago vinculados al desempeño, aunque su efectividad continúa dependiendo de condiciones operacionales y de la atribución de las fallas. |
| | Complejidad contractual | 4 | 2 | El modelo actual es conocido y simple en su estructura, mientras que el propuesto requiere un mayor esfuerzo inicial de diseño, medición y administración. |
| Gestión e información (10%) | Trazabilidad | 2 | 3 | El modelo actual presenta información dispersa. El modelo propuesto requiere una mayor trazabilidad para poder medir el desempeño de los componentes y proveedores. |
| | Capacidad de medición y seguimiento | 2 | 3 | La medición sistemática es una condición necesaria para administrar el pago asociado al desempeño, pero actualmente requiere fortalecimiento. |

Tabla 8.7. Calificación comparativa de los modelos de contratación

Los resultados muestran que el modelo basado en desempeño obtiene calificaciones superiores en una parte importante de los criterios económicos, operacionales y contractuales evaluados. No obstante, la comparación también evidencia ámbitos en los cuales ambos modelos presentan condiciones similares y otros en los que el modelo actual mantiene una situación más favorable, como ocurre con la complejidad contractual.

La ausencia de calificaciones máximas en el modelo basado en desempeño responde a que, durante las reuniones, los profesionales participantes coincidieron en que la propuesta incorpora mecanismos favorables para la gestión de las reparaciones, pero varios de sus resultados dependen de condiciones que aún

deben desarrollarse o comprobarse durante la implementación. Entre ellas se encuentran la trazabilidad de la información, la capacidad de determinar la atribuibilidad de una falla, la disponibilidad efectiva de componentes de respaldo, la respuesta de los proveedores y el funcionamiento de los mecanismos de pago asociados al desempeño.

Por esta razón, las calificaciones reflejan una valoración prudente de las condiciones esperadas del modelo propuesto, evitando atribuirle resultados que aún no han sido observados durante su aplicación práctica.

A partir de las calificaciones consolidadas se calcula el resultado ponderado de cada alternativa, considerando la importancia relativa definida para cada una de las dimensiones de análisis.

### 8.3.3. Resultado ponderado de la evaluación

Una vez asignadas las calificaciones, se calcula el promedio de cada dimensión y se aplica la ponderación definida. El resultado final considera así tanto la valoración de cada modelo como la importancia relativa de cada dimensión.

| Dimensión | Ponderación | Modelo actual: calificación promedio | Modelo actual: puntaje ponderado | Modelo desempeño: calificación promedio | Modelo desempeño: puntaje ponderado |
|---|---|---|---|---|---|
| Económica | 30% | 2,25 | 0,68 | 3,75 | 1,13 |
| Operacional | 30% | 1,75 | 0,53 | 3,75 | 1,13 |
| Proveedores | 20% | 2,67 | 0,53 | 3,00 | 0,60 |
| Contractual y riesgos | 10% | 2,67 | 0,27 | 3,00 | 0,30 |
| Gestión e información | 10% | 2,00 | 0,20 | 3,00 | 0,30 |
| **Total** | **100%** | | **2,20** | | **3,45** |

Tabla 8.8. Resultado ponderado de la evaluación multicriterio

El modelo actual obtiene un puntaje ponderado de 2,20, mientras que el modelo basado en desempeño alcanza 3,45. La principal diferencia se concentra en las dimensiones económica y operacional, que presentan la mayor ponderación.

En la dimensión económica, el modelo propuesto obtiene una mejor valoración por la posibilidad de anticipar condiciones comerciales, mejorar la planificación presupuestaria y estructurar mecanismos para la gestión de mayores obras.

En la dimensión operacional, la diferencia se explica por la reducción esperada de los plazos de contratación, la vinculación del pago con el desempeño posterior y la posibilidad de incorporar componentes de respaldo.

En las dimensiones de proveedores, contractual y riesgos, y gestión e información, las diferencias son más acotadas. Esto responde a que algunos aspectos dependen de condiciones propias del mercado, mientras que otros requieren desarrollar mecanismos adicionales de gestión, información y administración contractual para que el modelo propuesto pueda operar adecuadamente.

Por lo tanto, el resultado de la evaluación muestra una mayor valoración del modelo basado en desempeño bajo los criterios, ponderaciones y características definidas para la propuesta. Sin embargo, este resultado no constituye una medición de desempeño observado, sino una comparación de ambos modelos bajo la metodología de evaluación establecida.

### 8.3.4. Análisis de sensibilidad de las ponderaciones

Con el propósito de evaluar la estabilidad del resultado obtenido, se realiza un análisis de sensibilidad sobre las ponderaciones utilizadas en la evaluación multicriterio. Este análisis permite verificar si la valoración relativa de los modelos cambia ante modificaciones en la importancia asignada a las distintas dimensiones.

La evaluación base considera una ponderación de 30% para la dimensión económica, 30% para la dimensión operacional, 20% para proveedores, 10% para contractual y riesgos y 10% para gestión e información. Adicionalmente, se consideran escenarios alternativos que modifican la importancia relativa de las dimensiones, manteniendo en todos los casos una ponderación total de 100%.

| Escenario | Económica | Operacional | Proveedores | Contractual y riesgos | Gestión e información | Modelo actual | Modelo desempeño |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Evaluación base | 30% | 30% | 20% | 10% | 10% | 2,20 | 3,45 |
| Ponderación equivalente | 20% | 20% | 20% | 20% | 20% | 2,27 | 3,30 |
| Mayor énfasis económico | 40% | 25% | 15% | 10% | 10% | 2,20 | 3,49 |
| Mayor énfasis operacional | 25% | 40% | 15% | 10% | 10% | 2,13 | 3,49 |
| Mayor énfasis en proveedores | 25% | 25% | 30% | 10% | 10% | 2,27 | 3,38 |

Tabla 8.9. Sensibilidad de ponderaciones

Los resultados muestran que la valoración relativa de los modelos se mantiene bajo los escenarios analizados. Si bien los puntajes ponderados presentan variaciones al modificar la importancia asignada a las dimensiones, el modelo basado en desempeño mantiene una valoración superior al modelo actual.

Esta estabilidad se explica porque el modelo basado en desempeño obtiene una calificación promedio superior en cada una de las cinco dimensiones consideradas. En consecuencia, el resultado general no depende exclusivamente de la distribución 30%-30%-20%-10%-10%, sino también de las diferencias observadas entre ambos modelos a nivel de cada dimensión.

El análisis de sensibilidad permite, por tanto, fortalecer la robustez de la evaluación, al mostrar que modificaciones razonables en las ponderaciones no alteran la relación observada entre ambas alternativas bajo las calificaciones utilizadas en el estudio.

### 8.3.5. Estimación del impacto económico potencial

La evaluación multicriterio permite comparar ambos modelos desde distintas dimensiones, sin embargo, considerando el objetivo de analizar su impacto sobre la sostenibilidad financiera, resulta pertinente complementar el análisis con una estimación cuantitativa de los beneficios económicos potenciales.

Debido a que el modelo propuesto aún no ha sido implementado, no existe evidencia observada que permita determinar directamente el ahorro que podría generar. Por esta razón, la estimación se sustenta en la opinión de los profesionales que participaron en la validación de la propuesta, pertenecientes a las áreas de mantenimiento y reparables, planificación y confiabilidad, abastecimiento y contratos, y gestión económica y control de costos. De acuerdo con su experiencia en el proceso, una contratación de mayor alcance basada en desempeño podría generar un ahorro de entre 0% y 12% sobre el costo total de las reparaciones.

Para representar la incertidumbre asociada a esta estimación, el rango indicado por los profesionales se modela mediante una distribución triangular. Esta distribución se utiliza habitualmente en evaluación de proyectos y análisis de riesgo cuando no se dispone de datos históricos suficientes y la información proviene del juicio experto, expresado como un valor mínimo, un valor más probable y un valor máximo. En este caso, el mínimo corresponde a 0%, el valor más probable a 8% y el máximo a 12%. La distribución resultante es asimétrica, con su moda desplazada hacia el extremo superior del rango. Esto refleja que los profesionales consideran más probable un ahorro cercano al 8%, aunque reconocen la posibilidad de que sea nulo si el contrato no se diseña o administra adecuadamente. Por esta razón, el 8% se adopta como escenario principal, al corresponder al valor más probable de la distribución, mientras que 4% y 12% se utilizan como sensibilidad. Los resultados corresponden a una simulación y no a beneficios comprometidos.

Para este ejercicio se seleccionan los baldes, debido a que concentran 59 de las 104 intervenciones proyectadas para el periodo 2027–2031 y presentan un indicador de desempeño directamente relacionable con la producción mediante las toneladas movidas. Adicionalmente, esta familia presentó la mayor variación histórica de costos asociada a mayores obras dentro de la muestra analizada.

El ahorro estimado se explica por la combinación de distintos mecanismos asociados al modelo propuesto: la agregación de volumen en un contrato de mayor alcance, la definición anticipada de tarifas y criterios de valorización para mayores obras, la disminución de las instancias de evaluación y aprobación asociadas a cada reparación y la vinculación del pago con el desempeño efectivamente obtenido. Entre estos mecanismos, las mayores obras representan una fuente relevante de variabilidad. En las reparaciones de baldes analizadas que las presentaron, el valor promedio inicialmente contratado fue de USD 692 mil, mientras que el costo final promedio alcanzó USD 869 mil, lo que generó un incremento promedio de USD 177 mil por reparación, equivalente a 25,7% respecto del valor inicial.

Para determinar el costo de referencia por reparación se consideran las dos situaciones observadas en la muestra. Como aproximación, se utiliza la proporción de reparaciones con mayores obras observada en el total de la muestra analizada, correspondiente a aproximadamente un 52% de los casos. Estas reparaciones se valorizan con el costo final promedio de USD 869 mil. Para las reparaciones sin mayores obras, se asume que mantienen como costo final el valor promedio inicialmente contratado observado para los baldes, correspondiente a USD 692 mil. Ponderando ambas situaciones, se obtiene un costo de referencia de aproximadamente USD 784 mil por reparación de balde.

| Escenario | Reducción sobre el costo total | Ahorro por reparación | Costo estimado por reparación |
|---|---|---|---|
| Situación Histórica | - | - | USD 784,0 mil |
| Inferior | 4% | USD 31,4 mil | USD 752,6 mil |
| Principal | 8% | USD 62,7 mil | USD 721,3 mil |
| Superior | 12% | USD 94,1 mil | USD 689,9 mil |

Tabla 8.10. Escenarios de impacto económico sobre reparaciones de baldes

Considerando un TBO de 30 MTon movidas por balde, el efecto anterior también puede expresarse mediante costo por tonelada. En la situación histórica, un costo de referencia de USD 784 mil corresponde aproximadamente a USD 0,0261 por tonelada. Bajo los escenarios simulados, este indicador disminuiría de la siguiente forma:

| Escenario | Costo final estimado | Costo estimado por tonelada |
|---|---|---|
| Situación Histórica | USD 784,0 mil | USD 0,0261/t |
| Inferior | USD 752,6 mil | USD 0,0251/t |
| Principal | USD 721,3 mil | USD 0,0240/t |
| Superior | USD 689,9 mil | USD 0,0230/t |

Tabla 8.11. Estimación del costo por tonelada según escenario

Adicionalmente, puede estimarse el efecto potencial acumulado durante el horizonte contractual. Considerando las 59 reparaciones de baldes proyectadas entre 2027 y 2031 y el costo referencial estimado por reparación, el costo acumulado del periodo alcanzaría aproximadamente USD 46,3 millones. Aplicando los escenarios anteriores, el efecto económico potencial sería el siguiente:

| Escenario | Reducción sobre el costo total | Impacto económico potencial 2027–2031 |
|---|---|---|
| Inferior | 4% | ≈ USD 1,85 millones |
| Principal | 8% | ≈ USD 3,70 millones |
| Superior | 12% | ≈ USD 5,55 millones |

Tabla 8.12. Estimación del impacto económico potencial acumulado para baldes

En el escenario principal, una reducción de 8% sobre el costo total de las reparaciones representaría un impacto potencial aproximado de USD 3,70 millones para las reparaciones de baldes proyectadas durante el periodo 2027–2031. A su vez, el límite inferior del rango indicado por los profesionales, correspondiente a 0%, indica que el ahorro no está asegurado por el solo cambio de modelo, sino que depende de la forma en que se diseñe, adjudique y administre el contrato.

Esta estimación se limita a los baldes y no incluye bastidores, plumas, mangos ni correderas, por lo que no representa el efecto total del modelo. Tampoco considera el valor asociado a una mayor disponibilidad de los equipos derivada de menores tiempos de reparación. Por lo tanto, su objetivo no es determinar un beneficio económico definitivo, sino dimensionar el orden de magnitud del valor potencial del modelo utilizando antecedentes observados y supuestos explícitos.

### 8.3.6. Factibilidad de implementación

Los resultados muestran condiciones favorables para avanzar hacia un modelo basado en desempeño, cuya implementación se evalúa desde cinco ámbitos: económico, contractual, operacional, comercial y de gestión de información.

| Dimensión | Nivel de factibilidad estimado | Principales consideraciones |
|---|---|---|
| Económica | Alta | Puede implementarse con recursos destinados a la reparación, modificando principalmente la estructura de pago. Requiere definir valores base, ajustes y condiciones para mayores obras. |
| Contractual | Media | Requiere incorporar indicadores de desempeño, mecanismos de pago, garantías, atribución de fallas y gestión de desviaciones. |
| Operacional | Media-Alta | La planificación existente permite anticipar necesidades de reparación. El modelo debe incorporar contingencias y alternativas de respaldo o suministro de componentes por parte del proveedor. |
| Comercial / proveedores | Media | Existen talleres especializados con experiencia, pero debe validarse su disposición y capacidad para asumir esquemas de pago vinculados al desempeño y mayores compromisos de disponibilidad. |
| Gestión e información | Media | Requiere fortalecer la trazabilidad y centralización de información para medir indicadores de desempeño y administrar los mecanismos de pago asociados. |

Tabla 8.13. Evaluación de factibilidad para la implementación del modelo basado en desempeño

A partir del análisis realizado, no se identifican impedimentos estructurales que imposibiliten la aplicación del modelo, aunque existen condiciones que deben ser desarrolladas previamente.

La principal fortaleza se encuentra en la planificación técnica existente, que permite anticipar las necesidades de reparación a partir de las horas proyectadas y los TBO de los componentes. Esta información constituye una base para estructurar contratos de mayor alcance y programar con anticipación parte de la demanda futura.

Las principales brechas se concentran en el diseño contractual y en la gestión de información. La incorporación de pagos vinculados al desempeño requiere definir indicadores objetivos, criterios de medición, responsabilidades frente a fallas,

mecanismos de validación y reglas claras para determinar cuándo corresponde efectuar, limitar o detener los pagos asociados al desempeño.

También será necesario fortalecer la trazabilidad de cada componente reparado, de manera que pueda relacionarse la reparación ejecutada con su proveedor, costo, mayores obras, garantías, fecha de instalación, horas operadas o toneladas movidas y eventuales fallas posteriores.

Desde la perspectiva de proveedores, existen antecedentes favorables para la implementación del modelo. En conversaciones preliminares, los talleres especializados han manifestado interés en un contrato de mayor alcance, debido a que este les permitiría contar con un flujo de reparaciones comprometido durante su vigencia. Este interés se ha traducido en iniciativas concretas de presencia regional: Finning ha planteado la posibilidad de instalar capacidad de reparación en la región en caso de adjudicarse un contrato de este tipo, y Komatsu implementó durante el último año un taller en la zona, donde ya se han ejecutado reparaciones de baldes mediante contrataciones spot. No obstante, la aceptación de mecanismos de pago diferido o progresivo, compromisos de desempeño y disponibilidad de componentes de respaldo deberá formalizarse comercialmente mediante el proceso de contratación, que contempla la comunicación formal a los proveedores y la presentación del nuevo esquema antes de la licitación.

Respecto de las garantías, el modelo considera la exigencia de boletas de garantía de fiel cumplimiento, instrumento habitual en los contratos de servicios de la compañía y disponible en el mercado.

Asimismo, la iniciativa cuenta con interés de la administración de la Vicepresidencia Mina para avanzar hacia este tipo de esquema. Su implementación, sin embargo, deberá someterse a las instancias de aprobación establecidas por la compañía en cada una de sus etapas, desde la estrategia de contratación hasta la adjudicación.

En consecuencia, la factibilidad del modelo se considera favorable, aunque condicionada al desarrollo previo de mecanismos contractuales, de medición y trazabilidad que permitan administrar objetivamente el desempeño de las reparaciones.

## 8.4. Propuesta de modelo contractual basado en desempeño

A partir de los resultados obtenidos en la comparación y evaluación multicriterio, se propone un modelo contractual basado en desempeño aplicable a la reparación de grandes componentes excluidos de contratos MARC. La propuesta busca vincular parte de la remuneración del proveedor con el desempeño posterior del componente, manteniendo al mismo tiempo las exigencias técnicas, contractuales y de calidad asociadas a la ejecución de la reparación.

### 8.4.1. Principio del modelo propuesto

El modelo propuesto considera una transición desde procesos individuales de contratación hacia una estructura contractual de mayor alcance, utilizando la planificación de cambio de componentes como base para anticipar las necesidades futuras de reparación.

La propuesta mantiene los controles técnicos, comerciales y de calidad actualmente exigidos para la ejecución y recepción de las reparaciones, incorporando adicionalmente mecanismos que permitan vincular parte del pago al proveedor con el desempeño posterior del componente una vez puesto en operación.

El modelo se estructura sobre cuatro principios principales: anticipación contractual, alineamiento de incentivos, distribución de riesgos y trazabilidad del desempeño.

| Principio | Aplicación en el modelo propuesto |
|---|---|
| Anticipación contractual | Utilizar la planificación de componentes para estructurar necesidades de reparación con mayor horizonte y reducir la recurrencia de procesos individuales de contratación. |
| Alineamiento de incentivos | Vincular una parte del pago al proveedor con el desempeño posterior de la reparación. |
| Distribución de riesgos | Asignar responsabilidades considerando la capacidad de cada parte para gestionar los factores que afectan el resultado de la reparación. |
| Trazabilidad del desempeño | Mantener información consolidada por componente y proveedor que permita medir resultados, gestionar garantías y apoyar futuras decisiones de contratación. |

Tabla 8.14. Principios del modelo contractual propuesto

### 8.4.2. Estrategia de contratación, selección y adjudicación de proveedores

El modelo propuesto considera avanzar desde la contratación individual de reparaciones hacia una estrategia contractual de mayor alcance, mediante uno o dos contratos con una vigencia de cinco años que incorporen las familias de componentes consideradas en el estudio: bastidores, baldes, plumas, mangos y correderas.

Bajo esta estructura, los componentes serían enviados a reparación conforme a su retiro de operación o planificación, sin requerir un nuevo proceso de contratación para cada intervención. Las principales condiciones técnicas y comerciales, como tarifas, capacidad de atención, plazos, garantías, tratamiento de mayores obras e indicadores de desempeño, quedarían definidas previamente.

La propuesta mantiene los controles internos vigentes para la contratación de reparaciones y servicios, incluyendo validación de antecedentes técnicos, evaluación de ofertas, negociación, aprobación y adjudicación. El cambio se concentra en la forma de estructurar la necesidad, estableciendo anticipadamente las condiciones aplicables durante la vigencia contractual.

A continuación, se presenta el funcionamiento general del modelo contractual propuesto.




Figura 8.1. Esquema del modelo contractual propuesto para la reparación de grandes componentes
Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la Figura 8.1, la planificación de componentes permite identificar las necesidades futuras y estructurar una licitación de mayor alcance para adjudicar uno o dos contratos con una vigencia de cinco años.

Una vez formalizado el contrato, quedan definidas las principales condiciones técnicas y comerciales. Cada reparación mantiene la validación de su alcance y la gestión de eventuales desviaciones o mayores obras, pero bajo mecanismos previamente acordados que reducen la necesidad de negociar cada intervención desde el inicio.

Una vez instalado el componente, se realiza el seguimiento de su desempeño mediante los indicadores contractuales, cuyos resultados sustentan la aplicación del pago asociado al desempeño.

#### 8.4.2.1. Evaluación de las ofertas

La selección de proveedores se realizará mediante un proceso competitivo, manteniendo los principios de trazabilidad, igualdad de información y evaluación formal establecidos por la compañía. De acuerdo con el procedimiento interno vigente de contratación de Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi SCM, se considera la participación de dos o más oferentes y, como regla general, la invitación

de al menos tres proveedores, salvo que la estrategia de contratación autorice una cantidad distinta.

El procedimiento interno vigente considera como estructura estándar de evaluación una ponderación de 60% para la dimensión económica, 20% para la evaluación técnica y 20% para circularidad. Asimismo, contempla la posibilidad de establecer ponderaciones diferentes cuando estas sean justificadas en la estrategia de contratación y cuenten con la aprobación correspondiente.

Para el contrato basado en desempeño se propone modificar esta distribución, aumentando la importancia relativa de la evaluación técnica. Esta modificación responde a que, en el modelo propuesto, la responsabilidad del proveedor no se limita a ejecutar y entregar conforme una reparación, sino que se extiende al comportamiento posterior del componente mediante el cumplimiento de indicadores y condiciones previamente establecidos.

La estructura de evaluación propuesta es la siguiente:

| Dimensión | Ponderación | Aspectos a Evaluar |
|---|---|---|
| Evaluación Técnica | 40% | Experiencia en reparación de componentes equivalentes; capacidad e infraestructura de talleres; capacidad simultánea de reparación; metodología y controles de calidad; cumplimiento de plazos; gestión de garantías; trazabilidad; capacidad para medir y gestionar el desempeño posterior; capacidad de respuesta frente a fallas y disponibilidad de alternativas de respaldo. |
| Evaluación Económica | 40% | Tarifas por familia de componente; condiciones aplicables a mayores obras; mecanismos de reajuste; servicios complementarios; condiciones comerciales y estructura económica asociada al mecanismo de pago del contrato. |
| Evaluación de Circularidad | 20% | Criterios de circularidad, desarrollo regional y reducción de emisiones considerados por la compañía. |

Tabla 8.15. Ponderación propuesta para la evaluación de ofertas del contrato basado en desempeño

La ponderación propuesta aumenta la participación de la evaluación técnica desde un 20% a un 40% y reduce la dimensión económica desde un 60% a un 40%, manteniendo el 20% correspondiente a circularidad. Esta distribución busca generar un mayor equilibrio entre competitividad económica y capacidad técnica,

considerando las características particulares de un contrato cuya evaluación no finaliza con la entrega del componente reparado.

La mayor participación de la dimensión técnica se sustenta en que el proveedor deberá demostrar no solo experiencia para ejecutar las reparaciones, sino también capacidad de talleres suficiente para responder a la demanda proyectada, controles de calidad, capacidad de atención simultánea, trazabilidad de los componentes, gestión de garantías y condiciones que permitan asumir compromisos asociados al desempeño posterior.

Los lineamientos internos de contratación también contemplan, para servicios relacionados con mantenibilidad y confiabilidad, la revisión de aspectos asociados a Gestión de Activos, tales como aseguramiento de calidad y efecto del servicio sobre la estrategia del activo, lo que resulta consistente con el mayor énfasis técnico considerado en la propuesta.

La evaluación económica mantiene una ponderación de 40%, considerando que la sostenibilidad financiera constituye uno de los elementos relevantes del modelo. Esta dimensión permitirá evaluar las tarifas ofertadas, las condiciones aplicables a mayores obras, mecanismos de reajuste y demás condiciones comerciales que puedan afectar el costo de las reparaciones durante los cinco años de vigencia contractual.

Por su parte, la evaluación de circularidad mantiene una ponderación de 20%, conservando su participación dentro de la estructura de evaluación utilizada por la compañía.

Adicionalmente, se propone mantener como condición habilitante un nivel mínimo de aceptación técnica antes de considerar económicamente una oferta. En los procesos vigentes de contratación de reparaciones, una evaluación técnica inferior a 75% implica la exclusión del proveedor del proceso, criterio que resulta pertinente conservar en el modelo propuesto.

#### 8.4.2.2. Adjudicación y asignación de las reparaciones

Considerando la cantidad de componentes incluidos en el alcance, la posibilidad de requerir intervenciones de manera simultánea y las restricciones de capacidad que pueden presentarse en talleres especializados, se propone que la estrategia contractual contemple la posibilidad de adjudicar el servicio a uno o dos proveedores.

La utilización de dos proveedores permitiría aumentar la capacidad disponible para atender reparaciones concurrentes, reducir la dependencia de un único taller y disponer de alternativas frente a contingencias, restricciones de capacidad o desviaciones de plazo.

La existencia de dos proveedores adjudicados no implica necesariamente distribuir las reparaciones en partes iguales. Cada componente podrá ser asignado considerando factores previamente definidos, tales como la especialización del taller, la capacidad disponible, la familia del componente, el plazo requerido y el desempeño histórico observado durante la ejecución contractual.

En este contexto, la capacidad de reparación constituye una variable relevante del modelo. Los proveedores deberán informar su capacidad disponible y las restricciones existentes para las distintas familias de componentes, particularmente cuando existan reparaciones simultáneas. Esta información permitirá anticipar restricciones y distribuir las intervenciones de acuerdo con las necesidades de la compañía.

El desempeño obtenido durante el contrato también podrá incorporarse como antecedente para la asignación de nuevas reparaciones. De esta manera, indicadores como cumplimiento de plazos, calidad de la reparación, garantías, trazabilidad y desempeño posterior de los componentes podrán complementar la evaluación de capacidad al momento de determinar la asignación entre proveedores.

Esta lógica permite diferenciar dos instancias. La licitación inicial determina qué proveedores cuentan con las condiciones técnicas, económicas y comerciales requeridas para formar parte del contrato, mientras que la asignación de componentes durante su vigencia considera adicionalmente la capacidad disponible y el desempeño efectivamente demostrado.

#### 8.4.2.3. Negociación y formalización contractual

Finalizadas las evaluaciones técnica, económica y de circularidad, las ofertas podrán ser objeto de instancias de negociación antes de emitir la recomendación de adjudicación, de acuerdo con el procedimiento interno vigente de contratación de Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi SCM.

Para los contratos que incorporan indicadores de desempeño, los lineamientos internos contemplan además la posibilidad de negociar incentivos asociados al cumplimiento de metas, manteniendo condiciones equivalentes para los participantes.

Esta instancia resulta especialmente relevante para el modelo propuesto, debido a que permite validar comercialmente las condiciones que regularán el pago asociado al desempeño.

Durante esta etapa deberán definirse, entre otros aspectos, la estructura de tarifas por familia de componentes, las condiciones aplicables a mayores obras, los mecanismos de reajuste, los compromisos de capacidad, las garantías y las condiciones asociadas a los indicadores de desempeño. La definición específica de

la proporción entre pago base y pago variable, así como los hitos para su liberación, se desarrolla en el apartado correspondiente a la estructura económica del modelo.

Posteriormente, la recomendación de adjudicación deberá seguir los niveles de aprobación establecidos por la compañía antes de la formalización del contrato, manteniendo la trazabilidad y las responsabilidades definidas para el proceso.

En síntesis, la estrategia propuesta mantiene los mecanismos formales de contratación utilizados por Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi SCM, pero modifica la forma en que se estructura la necesidad. En lugar de iniciar un nuevo proceso de contratación por cada componente, se establece uno o dos contratos con una vigencia de cinco años, en los cuales las principales condiciones técnicas, económicas y de desempeño quedan previamente definidas. A partir de esta estructura, las reparaciones pueden ser asignadas progresivamente considerando la planificación, capacidad disponible y desempeño observado de los proveedores, favoreciendo una gestión contractual de mayor continuidad y predictibilidad.

### 8.4.3. Estructura económica y mecanismo de pago

El modelo propuesto considera una estructura de pago mixta, compuesta por un pago base asociado a la ejecución de la reparación y un pago vinculado al desempeño posterior del componente.

De manera general, la estructura puede representarse de la siguiente forma:

Valor total de la reparación = Pago base + Pago asociado al desempeño

El pago base remunera la ejecución y entrega conforme de la reparación, incluyendo diagnóstico, reparación, controles de calidad y pruebas. El pago asociado al desempeño se libera según el cumplimiento de los indicadores definidos para cada familia de componente, principalmente TBO y ausencia de fallas atribuibles al servicio.

Este último se propone pagar de manera progresiva mediante hitos asociados al avance de la vida útil comprometida, manteniendo un vínculo económico entre el proveedor y el desempeño posterior de la reparación, sin postergar la totalidad del pago hasta el cumplimiento completo del TBO.

La proporción entre ambos pagos y los porcentajes de liberación deberán definirse durante el diseño contractual, considerando antecedentes de costos y su validación comercial con los proveedores.

A modo de estructura conceptual, el mecanismo podría operar de la siguiente forma:

| Etapa | Condición | Tratamiento del pago |
|---|---|---|
| Recepción de la reparación | Cumplimiento técnico, documental y de calidad | Pago base |
| Hito intermedio de desempeño | Cumplimiento del nivel de desempeño definido y ausencia de fallas atribuibles | Liberación parcial del pago asociado al desempeño |
| Hito avanzado de desempeño | Continuidad del cumplimiento de los indicadores contractuales | Nueva liberación parcial |
| Cumplimiento del desempeño comprometido | Cumplimiento del TBO o indicador equivalente definido para el componente | Liberación del saldo de pago asociado al desempeño. |

Tabla 8.16. Estructura conceptual del mecanismo de pago basado en desempeño

### 8.4.4. Indicadores de desempeño

El funcionamiento del modelo requiere definir un conjunto acotado de indicadores que permitan medir el resultado de la reparación, evaluar el desempeño del proveedor y realizar seguimiento económico, manteniendo una estructura de control simple y aplicable.

Estos indicadores cumplen distintas funciones: algunos se vinculan directamente al pago asociado al desempeño, mientras que otros permiten evaluar la gestión del proveedor o analizar económicamente los resultados de las reparaciones.

| Función | Indicador | Aplicación propuesta |
|---|---|---|
| Asociado al pago | Cumplimiento del TBO | Principal indicador para liberar progresivamente el pago asociado al desempeño. Se mide en horas de operación o toneladas movidas, según el componente. |
| Asociado al pago | Ausencia de fallas atribuibles a la reparación | Condición para mantener o liberar el pago asociado al desempeño. Requiere determinar técnicamente la atribuibilidad de la falla. |
| Evaluación del proveedor | Cumplimiento del plazo de reparación | Evalúa el cumplimiento del plazo comprometido por el taller para la ejecución de la reparación. |
| Evaluación del proveedor | Gestión de mayores obras | Considera la variación respecto del alcance y valor inicialmente contratado, así como la gestión de los trabajos adicionales identificados durante la reparación. |
| Evaluación del proveedor | Gestión de garantías | Evalúa la respuesta y cumplimiento del proveedor frente a fallas cubiertas por garantía. |

| | | |
|---|---|---|
| Seguimiento económico | Costo por hora operada / costo por tonelada movida | Permite relacionar el costo de la reparación con el desempeño efectivamente obtenido y comparar resultados entre reparaciones y proveedores. |

Tabla 8.17. Indicadores propuestos para el modelo contractual basado en desempeño

La vinculación directa con el pago se concentra en el cumplimiento del TBO y en la ausencia de fallas atribuibles a la reparación, debido a que ambos indicadores representan de manera más directa el desempeño posterior del componente y permiten mantener un vínculo económico entre el proveedor y el resultado obtenido durante su operación.

Los indicadores de plazo de reparación, gestión de mayores obras y gestión de garantías se utilizan principalmente para evaluar el desempeño histórico del proveedor y generar antecedentes que puedan ser considerados en futuras decisiones de contratación.

Por su parte, el costo por hora operada o costo por tonelada movida permite incorporar una perspectiva económica al seguimiento de las reparaciones, relacionando el costo incurrido con el desempeño efectivamente obtenido. Este indicador puede utilizarse para comparar resultados entre reparaciones de una misma familia de componentes y entre distintos proveedores.

Los indicadores considerados en la propuesta fueron revisados con profesionales de las áreas vinculadas a la gestión de estas reparaciones, con el propósito de verificar su pertinencia, posibilidad de medición y aplicabilidad dentro de un esquema contractual basado en desempeño. Esta revisión permitió validar la utilización del cumplimiento del TBO y la ausencia de fallas atribuibles como principales indicadores asociados al mecanismo de pago, manteniendo los restantes indicadores como elementos de evaluación del proveedor y seguimiento económico.

La aplicación de estos indicadores requiere que las reglas de cálculo, fuentes de información, responsables de validación y criterios de atribuibilidad se encuentren establecidos contractualmente antes de la implementación del modelo. Asimismo, su medición deberá adaptarse a la naturaleza de cada familia de componentes, utilizando horas operadas o toneladas movidas cuando corresponda.

### 8.4.5. Indicadores según tipo de componente

Los indicadores asociados al desempeño deben adaptarse a las características de cada familia de componente, considerando que no todos presentan la misma unidad de medición ni la misma relación con el proceso productivo.

Para bastidores, plumas, mangos y correderas, el desempeño puede evaluarse principalmente a partir de las horas efectivamente operadas respecto del TBO definido. En el caso de los baldes, la unidad de referencia corresponde a las toneladas movidas, con un TBO de 30 MTon, lo que permite relacionar directamente su desempeño con el nivel de utilización del componente.

A partir de lo anterior, se propone la siguiente diferenciación:

| Componente | Indicador principal | Indicador complementario | Criterio de aplicación |
|---|---|---|---|
| Balde | Toneladas movidas respecto del TBO de 30 MTon | Ausencia de fallas atribuibles / costo por tonelada movida | Su desempeño se relaciona directamente con el volumen de material movilizado, permitiendo además comparar económicamente distintas reparaciones. |
| Bastidor | Horas operadas respecto del TBO de 25.000 h | Ausencia de fallas atribuibles | Al tratarse de un componente estructural, su desempeño se representa principalmente por la capacidad de alcanzar la vida útil esperada sin fallas atribuibles a la reparación. |
| Pluma | Horas operadas respecto del TBO de 25.000 h | Ausencia de fallas atribuibles | Su desempeño puede evaluarse mediante las horas efectivamente operadas y el comportamiento del componente durante su vida útil. |
| Mango | Horas operadas respecto del TBO de 25.000 h | Ausencia o reincidencia de fallas atribuibles | Además del cumplimiento del TBO, resulta relevante identificar la repetición de fallas asociadas a una reparación anterior. |
| Corredera | Horas operadas respecto del TBO de 25.000 h | Ausencia o reincidencia de fallas atribuibles | Se propone una lógica equivalente a la utilizada para el mango, considerando el cumplimiento de vida útil y la recurrencia de fallas. |

Tabla 8.18. Indicadores de desempeño propuestos por familia de componentes

La diferenciación por familia permite mantener una estructura contractual común, pero utilizar indicadores coherentes con la forma en que cada componente genera valor y consume su vida útil.

En todos los casos, el cumplimiento del TBO debe analizarse conjuntamente con la existencia de fallas atribuibles a la reparación. Alcanzar un determinado nivel de horas operadas o toneladas movidas no constituye por sí solo evidencia suficiente

de un desempeño satisfactorio si durante ese periodo se presentan fallas cuya causa sea atribuible al servicio ejecutado.

En el caso de los baldes, el costo por tonelada movida puede utilizarse adicionalmente como indicador de seguimiento económico, permitiendo comparar el costo de distintas reparaciones respecto del desempeño efectivamente obtenido.

### 8.4.6. Ejemplos de aplicación del mecanismo de desempeño

Con el propósito de representar el funcionamiento del modelo, se presentan ejemplos ilustrativos del mecanismo de pago asociado al desempeño. Estos ejemplos no corresponden a una estructura económica definitiva, sino a una simulación de cómo podría vincularse el pago con el desempeño posterior del componente.

Para efectos ilustrativos, se considera un 80% de pago base asociado a la ejecución y recepción conforme de la reparación y un 20% asociado al desempeño. Este último se libera progresivamente según el cumplimiento de hitos del TBO, siempre que no se registren fallas atribuibles al servicio.

La proporción de pago base se mantiene deliberadamente alta. Las reparaciones de grandes componentes implican costos significativos de materiales, mano de obra e infraestructura que el proveedor debe financiar durante la ejecución, y el periodo de seguimiento del desempeño puede extenderse por varios años. Una proporción variable mayor podría afectar la liquidez de los talleres, desincentivar su participación o traducirse en un aumento de los precios ofertados. Por esta razón, el 20% busca generar un incentivo efectivo al desempeño sin comprometer la viabilidad financiera del servicio. La proporción definitiva y los hitos de liberación deberán establecerse durante el diseño contractual y validarse comercialmente con los proveedores.

| Componente | TBO | Pago Base | Pago asociado a desempeño | Hitos ilustrativos de liberación |
|---|---|---|---|---|
| Balde | 30 MTon | 80% | 20% | 5% al alcanzar 15 MTon<br>5% al alcanzar 22,5 MTon<br>10% al alcanzar 30 MTon |
| Bastidor | 25.000 h | 80% | 20% | 5% al alcanzar 12.500 h<br>5% al alcanzar 18.750 h<br>10% al alcanzar 25.000 h |
| Mango | 25.000 h | 80% | 20% | 5% al alcanzar 12.500 h<br>5% al alcanzar 18.750 h<br>10% al alcanzar 25.000 h |

Tabla 8.19. Ejemplo ilustrativo del mecanismo de pago asociado al desempeño

Para los baldes, el TBO de referencia corresponde a 30 MTon, mientras que para bastidores y mangos se consideran 25.000 horas. En ambos casos, la lógica consiste en liberar progresivamente el pago asociado al desempeño a medida que se alcanzan los hitos definidos.

Si durante este periodo se presenta una falla atribuible a la reparación, los pagos posteriores quedarían sujetos a los mecanismos de garantía y revisión contractual. En cambio, si la falla responde a condiciones operacionales u otra causa no atribuible al proveedor, esta situación deberá considerarse antes de limitar los pagos pendientes.

De esta forma, el mecanismo reconoce el desempeño alcanzado sin mantener la totalidad del pago retenida hasta el cumplimiento completo del TBO. La liberación de cada tramo deberá considerar conjuntamente el avance en horas o toneladas y la ausencia de fallas atribuibles a la reparación.

.

### 8.4.7. Garantías, incentivos y penalidades

El modelo propuesto considera que las garantías, los incentivos y las penalidades operen de manera complementaria, manteniendo la responsabilidad del proveedor durante el periodo posterior a la reparación. La garantía cubre las fallas atribuibles al servicio durante el periodo definido contractualmente, previa determinación técnica de su causa.

El pago asociado al desempeño complementa este mecanismo, permitiendo limitar o suspender los pagos pendientes cuando se presente una falla atribuible antes del cumplimiento de los hitos establecidos.

Los incentivos pueden aplicarse cuando el proveedor alcance resultados superiores a los niveles comprometidos, mientras que las penalidades se asocian a incumplimientos atribuibles al proveedor, tales como atrasos, fallas prematuras o incumplimientos técnicos y de calidad. Estas penalidades no reemplazan las obligaciones asociadas a la garantía.

Los porcentajes, montos y condiciones específicas deberán definirse durante el diseño contractual, considerando los costos por familia de componente y su validación comercial con los proveedores.

### 8.4.8. Distribución de riesgos

La propuesta considera que los riesgos asociados a la reparación deben asignarse a la parte que tenga mayor capacidad para gestionarlos. Bajo este principio, la calidad de la reparación, el cumplimiento del plazo comprometido y las fallas atribuibles al servicio corresponden principalmente al proveedor, mientras que las condiciones de operación del equipo y los cambios de alcance solicitados por la compañía permanecen bajo responsabilidad de Collahuasi.

Existen además situaciones que requieren una gestión compartida, como la determinación de mayores obras, la atribución de ciertas fallas y la coordinación logística. Asimismo, la disponibilidad o suministro de componentes de respaldo podrá incorporarse como una condición contractual del proveedor cuando su indisponibilidad represente un riesgo relevante para la operación.

| Riesgo | Responsabilidad principal | Tratamiento propuesto |
|---|---|---|
| Calidad de la reparación | Proveedor | Cumplimiento de especificaciones técnicas, controles de calidad y condiciones de recepción. |
| Falla atribuible a la reparación | Proveedor | Activación de garantía y aplicación de los mecanismos asociados al pago por desempeño. |
| Mayores obras | Compartida | Validación técnica y económica previa a su ejecución, bajo condiciones comerciales definidas contractualmente. |
| Condiciones operacionales del equipo | Collahuasi | Exclusión de responsabilidad del proveedor cuando la falla sea atribuible a condiciones de operación y pueda ser técnicamente demostrada. |
| Disponibilidad o suministro de respaldo | Proveedor / según condición contractual | Incorporación de alternativas de disponibilidad, suministro o intercambio según criticidad y familia de componente. |
| Cumplimiento del plazo de reparación | Proveedor | Seguimiento respecto del plazo comprometido, considerando las excepciones definidas contractualmente. |

Tabla 8.20. Distribución de riesgos propuesta para el modelo basado en desempeño

En los casos en que la causa o responsabilidad no pueda determinarse inicialmente, deberán establecerse mecanismos de revisión y validación técnica antes de aplicar garantías, penalidades o modificaciones al pago asociado al desempeño.

### 8.4.9. Gestión y evaluación de proveedores

El modelo propuesto considera incorporar una evaluación sistemática del desempeño de los proveedores, de manera que los resultados obtenidos en cada reparación puedan utilizarse como antecedente para futuras decisiones de contratación.

Actualmente, los talleres participan de manera recurrente en los procesos de reparación, pero la información asociada a su desempeño no se encuentra consolidada de forma que permita comparar históricamente los resultados obtenidos entre proveedores.

La evaluación deberá considerar principalmente el cumplimiento del plazo de reparación, la gestión de mayores obras, la respuesta frente a garantías y el comportamiento posterior de los componentes reparados, pudiendo complementarse con otros antecedentes técnicos y comerciales relevantes.

Estos resultados podrán utilizarse como antecedente en futuras licitaciones, negociaciones comerciales y asignaciones de reparaciones dentro de contratos de mayor alcance, sin reemplazar las evaluaciones técnicas y económicas requeridas en cada proceso.

### 8.4.10. Trazabilidad y gestión de información

La implementación del modelo basado en desempeño requiere contar con información consolidada y trazable para cada componente reparado, de manera que sea posible relacionar el servicio ejecutado con su comportamiento posterior en operación.

Actualmente, los antecedentes asociados a las reparaciones se encuentran distribuidos entre distintas fuentes y áreas, lo que dificulta reconstruir el historial completo de un componente y comparar de manera sistemática los resultados obtenidos entre proveedores.

Para soportar el modelo propuesto, se propone mantener como mínimo tres grupos de información por componente. El primero corresponde a su identificación y trazabilidad logística, incluyendo el TAG, el número de serie, el equipo asociado y las fechas de retiro, envío, recepción e instalación. El segundo se relaciona con la ejecución y valorización del servicio, considerando el proveedor asignado, el alcance original, las mayores obras aprobadas, el costo final de la reparación y las garantías aplicables junto con el estado de eventuales reclamos. El tercero corresponde al desempeño posterior en operación, registrando las horas operadas o toneladas movidas después de la reparación, el cumplimiento del TBO correspondiente y las fallas registradas junto con la determinación de su atribuibilidad.

El objetivo no es definir en esta etapa una solución informática específica, sino establecer los antecedentes mínimos que deben encontrarse disponibles de manera centralizada, consistente y accesible para las áreas participantes.

Contar con esta información permitirá realizar el seguimiento del desempeño de los componentes, administrar los pagos asociados al cumplimiento de los indicadores, gestionar garantías y generar antecedentes históricos para la evaluación de proveedores y futuras decisiones de contratación.

### 8.4.11. Gobernanza del modelo

La implementación del modelo basado en desempeño requiere definir responsabilidades claras entre las áreas participantes, particularmente en aquellas actividades relacionadas con la planificación de las reparaciones, validación técnica, gestión de mayores obras, seguimiento del desempeño, atribución de fallas y liberación de pagos asociados al cumplimiento de indicadores.

Para estructurar estas responsabilidades se propone utilizar la matriz RACI descrita previamente en el marco teórico. Para efectos del modelo, se consideran como participantes principales la VPM o área usuaria, Reparables/ITO, Abastecimiento y el proveedor.

| Actividad | VPM / Área usuaria | Reparables / ITO | Abastecimiento | Proveedor |
|---|---|---|---|---|
| Definir necesidad de reparación según planificación | R | C | I | I |
| Validar alcance técnico y mayores obras | A | R | C | I |
| Evaluar condiciones económicas y comerciales | I | C | R/A | I |
| Determinar atribuibilidad de una falla | C | R | I | C |
| Validar cumplimiento de indicadores de desempeño | C | R | I | I |
| Autorizar liberación de pagos asociados al desempeño | I | C | R/A | I |
| Mantener trazabilidad e información del componente | I | R | I | I |
| Consolidar antecedentes de desempeño del proveedor | C | R | A | I |
| Resolver discrepancias contractuales | C | C | A | C |

Tabla 8.21. Matriz RACI propuesta para la administración del modelo

La distribución propuesta asigna a Reparables/ITO un rol relevante en la validación técnica, seguimiento del componente, determinación de la atribuibilidad de fallas y verificación del cumplimiento de los indicadores de desempeño. Abastecimiento concentra la administración contractual, la evaluación de condiciones económicas y comerciales y la autorización de los pagos correspondientes, mientras que el área

usuaria participa principalmente en la definición de las necesidades y requerimientos operacionales.

El proveedor mantiene la responsabilidad sobre la correcta ejecución de la reparación y participa en las instancias técnicas asociadas a fallas, garantías o discrepancias respecto del desempeño del componente.

Esta estructura busca evitar ambigüedades y asegurar que la medición del desempeño, atribución de fallas, gestión de garantías y liberación de pagos se realicen bajo responsabilidades previamente definidas.

## 8.5. Condiciones y lineamientos para la implementación

La implementación del modelo basado en desempeño requiere una aplicación gradual, considerando que algunas condiciones necesarias para su funcionamiento, especialmente la trazabilidad de los componentes, las líneas base de costo, las reglas de atribución de fallas y los mecanismos de pago, deben fortalecerse o definirse antes de su aplicación.

Por esta razón, se proponen cuatro etapas generales de implementación: preparación, diseño contractual, aplicación gradual y evaluación para escalamiento. De manera transversal, se incorpora además la gestión del cambio como una condición necesaria para alinear a las áreas internas y a los proveedores con las nuevas responsabilidades, mecanismos de medición y formas de administración asociadas al modelo.

La propuesta no busca definir un plan de implementación detallado, sino establecer los principales lineamientos que deberían considerarse para avanzar hacia la aplicación del modelo.

### 8.5.1. Preparación

La primera etapa corresponde al fortalecimiento de las condiciones habilitantes necesarias para medir y administrar el desempeño de las reparaciones.

En esta etapa se propone consolidar la información mínima requerida para asegurar la trazabilidad de los componentes reparados y establecer líneas base de costos por familia de componente, considerando valores iniciales, costos finales y comportamiento de mayores obras. Asimismo, se requiere definir criterios técnicos para determinar la atribuibilidad de las fallas e identificar las familias de componentes que presenten mejores condiciones para iniciar la aplicación del modelo. Finalmente, es necesario levantar con los proveedores actuales su capacidad y disposición para operar bajo una estructura contractual que incorpore pagos asociados al desempeño y compromisos de disponibilidad o suministro de componentes de respaldo.

Esta etapa resulta necesaria para evitar que el mecanismo de pago se sustente en información incompleta o en criterios que puedan generar interpretaciones distintas entre las partes.

### 8.5.2. Diseño contractual

Una vez fortalecidas las condiciones anteriores, corresponde desarrollar las definiciones contractuales específicas del modelo.

Esta etapa considera definir la proporción entre el pago base y el pago asociado al desempeño, junto con los hitos y condiciones para su liberación progresiva, así como los indicadores aplicables según familia de componente. Asimismo, contempla establecer las condiciones de garantía, incentivos y penalidades, los mecanismos aplicables a mayores obras y, cuando corresponda, las condiciones de disponibilidad, suministro o intercambio de componentes de respaldo. Finalmente, requiere formalizar la distribución de riesgos y los criterios de atribución de fallas, y definir la gobernanza y las responsabilidades para la medición, validación y liberación de pagos.

Los porcentajes y valores específicos asociados a la estructura económica deberán definirse considerando los antecedentes reales de costos de reparación y su validación comercial con los proveedores.

### 8.5.3. Gestión del cambio

La implementación de un modelo basado en desempeño implica modificar no solo determinadas condiciones contractuales, sino también la forma en que las distintas áreas participan en la planificación, seguimiento y evaluación de las reparaciones. En consecuencia, su aplicación requiere una gestión del cambio que permita alinear criterios, responsabilidades y formas de trabajo entre los participantes.

Este cambio no supone necesariamente modificar la estructura organizacional ni incorporar nuevas posiciones. El principal desafío se encuentra en fortalecer la coordinación entre las áreas que actualmente administran antecedentes técnicos, contractuales, económicos y operacionales asociados a las reparaciones. Parte de esta información se encuentra distribuida entre distintas fuentes y responsables, por lo que el modelo requiere una mayor integración para relacionar cada reparación con su costo, proveedor, garantías y desempeño posterior.

En términos de recursos, el modelo puede ser administrado en su etapa inicial por los roles existentes en las áreas de Reparables/ITO, Abastecimiento y el área usuaria. No obstante, implica nuevas funciones que deberán asignarse de forma explícita: el seguimiento de horas operadas y toneladas movidas por componente, la validación de los hitos de desempeño y la consolidación de la información para la evaluación de proveedores. Para ello, se requiere fortalecer competencias en tres

ámbitos: la administración de contratos con pagos vinculados a desempeño, el análisis de causa raíz para determinar la atribuibilidad de las fallas y la gestión de información para mantener la trazabilidad de los componentes. Estas competencias pueden desarrollarse mediante capacitación al personal que actualmente participa en el proceso. Si, a partir de la aplicación gradual, el volumen de seguimiento supera la capacidad de los equipos existentes, deberá evaluarse la incorporación de un rol dedicado a la administración del contrato y al control de sus indicadores.

Un elemento relevante será asegurar que las áreas participantes comprendan y apliquen criterios comunes respecto de los indicadores utilizados, la determinación de la atribuibilidad de las fallas, la gestión de garantías y las condiciones para autorizar la liberación de pagos asociados al desempeño. La matriz RACI propuesta permite formalizar las responsabilidades principales, pero su efectividad dependerá de que estos criterios sean conocidos y aplicados de manera consistente por los participantes.

Asimismo, será necesario generar instancias de comunicación y alineamiento con los proveedores adjudicados antes del inicio del contrato, especialmente respecto de los mecanismos de pago progresivo, exigencias de trazabilidad, indicadores de desempeño, gestión de mayores obras, garantías y responsabilidades frente a fallas atribuibles. De esta forma, se busca reducir interpretaciones distintas durante la ejecución y facilitar la transición desde una relación centrada principalmente en la reparación ejecutada hacia una gestión que incorpore también el resultado posterior del componente.

Durante las primeras etapas de aplicación se recomienda realizar un seguimiento más cercano del funcionamiento del modelo, permitiendo identificar dificultades de coordinación, brechas de información o criterios que requieran ajustes. La gestión del cambio se plantea, por tanto, como un elemento transversal a la implementación, orientado a facilitar la adopción del nuevo esquema contractual sin generar modificaciones organizacionales que no resulten necesarias.

### 8.5.4. Aplicación gradual

Se recomienda aplicar el modelo de manera progresiva, comenzando por aquellas familias de componentes que presenten mejores condiciones de información, una frecuencia suficiente de intervenciones y un indicador de desempeño claramente medible.

Dentro de las familias analizadas, los baldes presentan condiciones favorables para una aplicación inicial, debido a que concentran la mayor cantidad de intervenciones proyectadas en el horizonte 2027–2031: 59 de un total de 104 componentes, y cuentan con un indicador de desempeño directamente medible mediante toneladas movidas.

Adicionalmente, el costo por tonelada movida permite complementar la medición técnica con una perspectiva económica, facilitando la comparación de resultados entre reparaciones y proveedores.

La selección de esta familia como punto de partida deberá considerar previamente la disponibilidad de información suficiente para establecer líneas base, definir la estructura de pago y realizar el seguimiento posterior de los componentes.

### 8.5.5. Evaluación y escalamiento

Una vez aplicado el modelo en una primera familia de componentes, se recomienda evaluar sus resultados antes de extenderlo al resto de las reparaciones.

La evaluación deberá considerar, entre otros aspectos, el desempeño de los componentes reparados, el funcionamiento del mecanismo de pago, la gestión de garantías y mayores obras, la respuesta de los proveedores, la disponibilidad de componentes de respaldo y la calidad de la información generada.

A partir de los resultados obtenidos, podrán realizarse ajustes a los indicadores, condiciones comerciales, mecanismos de pago, distribución de riesgos o responsabilidades antes de ampliar la aplicación del modelo a otras familias de componentes.

De esta manera, la implementación gradual permite generar experiencia práctica, reducir la exposición asociada a un cambio contractual de mayor alcance y adaptar progresivamente el modelo a las condiciones reales de operación y del mercado de proveedores.

### 8.5.6. Síntesis comparativa del modelo actual y modelo propuesto

A partir del análisis desarrollado, la evaluación multicriterio y la estimación económica por escenarios, es posible sintetizar las principales diferencias entre el modelo actual de contratación y el modelo basado en desempeño propuesto. La comparación se estructura utilizando las mismas dimensiones consideradas durante la evaluación, permitiendo visualizar de manera integrada los principales efectos esperados del cambio contractual.

| Dimensión | Modelo actual | Modelo propuesto basado en desempeño |
|---|---|---|
| Económica | Los costos se definen principalmente en cada proceso de reparación y las mayores obras se valorizan y gestionan caso a caso, generando variabilidad entre el valor inicialmente contratado y el costo final. | Define anticipadamente tarifas y condiciones comerciales, establece reglas para mayores obras y vincula parte del pago al desempeño. La simulación permite dimensionar el efecto económico potencial de reducir parte de la variabilidad observada. |

| | | |
|---|---|---|
| Operacional | Cada reparación requiere un proceso individual de contratación y la disponibilidad de respaldo no forma parte estructural del servicio. | Utiliza la planificación para anticipar la contratación y puede incorporar uno o dos proveedores, junto con condiciones de capacidad y respaldo para atender contingencias o reparaciones simultáneas. |
| Proveedores | La selección se realiza para cada reparación y el desempeño histórico de los talleres no se utiliza de manera sistemática para futuras asignaciones. | Considera contratos de cinco años con uno o dos proveedores y utiliza capacidad, especialización y desempeño observado para asignar nuevas reparaciones. |
| Contractual y riesgos | El pago se concentra en la ejecución y recepción conforme de la reparación, mientras una parte relevante del riesgo asociado al desempeño posterior permanece en la compañía. | Incorpora pago base y pago asociado al desempeño, reglas de atribución de fallas, garantías, incentivos y una distribución más explícita de responsabilidades. |
| Gestión e información | Los antecedentes de reparación, costos, garantías y desempeño se encuentran distribuidos entre distintas fuentes y áreas. | Requiere trazabilidad por componente y proveedor, seguimiento de TBO y fallas atribuibles, e información consolidada para administrar indicadores y pagos. |

Tabla 8.22. Síntesis comparativa del modelo actual y modelo basado en desempeño

La síntesis muestra que las principales diferencias del modelo propuesto se concentran en la anticipación contractual, predictibilidad de costos, incorporación del desempeño como parte del mecanismo de pago, gestión de proveedores y trazabilidad de la información. Estos elementos son consistentes con los resultados obtenidos en la evaluación multicriterio, donde las mayores diferencias se observan principalmente en las dimensiones económica y operacional.

No obstante, el modelo propuesto también presenta mayores exigencias de diseño y administración contractual. Su funcionamiento requiere contar con indicadores objetivos, información trazable, criterios claros para determinar la atribuibilidad de las fallas y una coordinación efectiva entre las áreas participantes. Por esta razón, la mayor valoración obtenida por el modelo basado en desempeño debe entenderse en función de las condiciones y mecanismos definidos en este estudio y no como un resultado operacional ya observado.

Desde una perspectiva económica, la estimación desarrollada para las reparaciones de baldes permite dimensionar uno de los beneficios potenciales del modelo. Bajo el escenario principal, una reducción de 8% sobre el costo total de las reparaciones representaría un impacto económico potencial aproximado de USD 3,70 millones durante el periodo 2027–2031. Este resultado no constituye un ahorro garantizado, sino una estimación basada en antecedentes históricos y en el rango de ahorro potencial validado con profesionales vinculados al proceso, cuyo resultado dependerá de la forma en que se diseñe, adjudique y administre el contrato.

# 9. CONCLUSIONES

El presente estudio tuvo como objetivo general evaluar modelos de contratación basados en desempeño para la reparación de grandes componentes de palas eléctricas excluidos de contratos MARC, y su impacto en la sostenibilidad financiera de Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi SCM. A partir del análisis desarrollado, se concluye que un modelo basado en desempeño presenta condiciones favorables para su implementación gradual en la compañía, con una valoración superior al modelo actual de contratación individual y un impacto económico potencial relevante, aunque condicionado al desarrollo previo de mecanismos de medición, trazabilidad y validación comercial con los proveedores.

En relación con el primer objetivo específico, orientado a analizar las diferencias entre ambos modelos, el estudio muestra que el modelo actual se caracteriza por procesos individuales de contratación para cada reparación, con un plazo formal de 104 días, un pago asociado exclusivamente a la ejecución y recepción conforme del servicio, y la gestión caso a caso de las mayores obras, que se presentaron en aproximadamente la mitad de las reparaciones analizadas. En contraste, el modelo basado en desempeño utiliza la planificación de componentes para anticipar la contratación, establece previamente las condiciones técnicas y comerciales, y vincula una parte de la remuneración del proveedor con el desempeño posterior del componente. Bajo los criterios y ponderaciones definidos, el modelo propuesto obtuvo un puntaje ponderado de 3,45 frente a 2,20 del modelo actual, con las principales diferencias en las dimensiones económica y operacional. Este resultado se mantuvo estable en los distintos escenarios de sensibilidad analizados.

Respecto del segundo objetivo, referido al impacto potencial en disponibilidad, tiempos de reparación y costos operacionales, el estudio cuantificó el efecto económico para la familia de baldes, que concentra 59 de las 104 intervenciones proyectadas para el periodo 2027–2031. Considerando el rango de ahorro de 0% a 12% indicado por los profesionales, modelado mediante una distribución triangular, el escenario principal de 8% representa un impacto potencial aproximado de USD 3,70 millones, dentro de una sensibilidad de USD 1,85 a 5,55 millones, con una reducción del costo por tonelada desde USD 0,0261 a USD 0,0240. Los

antecedentes históricos muestran además que las mayores obras constituyen una fuente relevante de variabilidad, con incrementos promedio de 25,7% en los baldes. En cuanto a la disponibilidad y los tiempos de reparación, el estudio identifica efectos favorables asociados a la reducción de los plazos de contratación y a la incorporación de componentes de respaldo como condición contractual, pero estos efectos no fueron cuantificados debido a las limitaciones de información disponibles.

En relación con el tercer objetivo, orientado a identificar los desafíos y condiciones para la implementación, el estudio concluye que no existen impedimentos estructurales, pero sí condiciones habilitantes que deben desarrollarse previamente. La principal fortaleza es la planificación técnica existente, que permite anticipar la demanda de reparaciones. Por su parte, los principales desafíos se concentran en la trazabilidad de la información, actualmente distribuida entre distintas fuentes y áreas, en la definición de criterios para determinar la atribuibilidad de las fallas y en la validación comercial de los mecanismos de pago progresivo con los proveedores. En este último aspecto, el interés manifestado por los talleres especializados y las iniciativas de presencia regional observadas constituyen antecedentes favorables.

Respecto del cuarto objetivo, el estudio propone lineamientos para el diseño e implementación del modelo. Estos consideran uno o dos contratos con una vigencia de cinco años para las familias de componentes analizadas, una estructura de pago mixta compuesta por un pago base asociado a la ejecución y un pago vinculado al desempeño posterior, y el cumplimiento del TBO y la ausencia de fallas atribuibles como principales indicadores asociados al pago. Se propone además una distribución de riesgos según la capacidad de gestión de cada parte, una matriz RACI para formalizar responsabilidades y una implementación gradual, comenzando por los baldes, debido a su mayor frecuencia de intervención y a que su desempeño es directamente medible mediante toneladas movidas. Su aplicación debe acompañarse de un registro sistemático de la información de cada componente reparado, que permita construir líneas base reales de costos, TBO y desempeño de proveedores, y contrastar las estimaciones realizadas en este estudio.

Los resultados anteriores deben interpretarse considerando las restricciones de información que condicionaron la investigación. Entre ellas se encuentran la ausencia de una identificación única y continua de algunos componentes, la falta de vinculación entre cada reparación y las horas posteriormente operadas, la inexistencia de líneas base homogéneas de TBO y la dificultad para atribuir las causas de una falla exclusivamente al servicio realizado. Asimismo, la evaluación multicriterio y la estimación económica se sustentan en parte en el juicio de profesionales de la compañía, por lo que representan una valoración de las condiciones esperadas del modelo y no resultados observados. Estas restricciones no impiden evaluar la factibilidad general de la propuesta, pero reducen la precisión de algunos análisis cuantitativos.

Finalmente, el estudio abre distintas líneas de investigación futura. En primer lugar, una vez implementado el modelo, resulta relevante medir el ahorro efectivamente

obtenido y contrastarlo con las estimaciones realizadas. En segundo lugar, se propone cuantificar el efecto del modelo sobre la disponibilidad de los equipos de carguío y su impacto en la producción. En tercer lugar, futuras investigaciones podrían analizar la proporción óptima entre pago base y pago asociado al desempeño, considerando la capacidad financiera de los proveedores y el nivel de riesgo que la compañía busca transferir. Por último, el modelo podría extenderse y evaluarse en otras flotas, como perforación y transporte, o en otras compañías mineras con condiciones similares, contribuyendo a generar evidencia sobre la aplicación de contratos basados en desempeño en la gran minería.

# 10. Bibliografía

Belton, V., & Stewart, T. J. (2002). *Multiple criteria decision analysis: An integrated approach*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1495-4

Brinkmann, S., & Kvale, S. (2015). *InterViews: Learning the craft of qualitative research interviewing* (3rd ed.). SAGE Publications.

Comité Europeo de Normalización. (2017). *EN 13306:2017 Maintenance — Maintenance terminology*.

Comité Europeo de Normalización. (2019). *EN 15341:2019 Maintenance — Maintenance key performance indicators.*

Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi. (s.f.-a). *Accionistas*. https://www.collahuasi.cl/quienes-somos/accionistas/

Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi. (s.f.-b). *Nuestra compañía*. https://www.collahuasi.cl/quienes-somos/nuestra-compania/

Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi. (s.f.-c). *Nuestra operación*. https://www.collahuasi.cl/que-hacemos/nuestra-operacion/

Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi. (s.f.-d). *Nuestro propósito y valores*. https://www.collahuasi.cl/quienes-somos/nuestro-proposito-y-valores/

Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). SAGE Publications.

Guajardo, J. A., Cohen, M. A., Kim, S.-H., & Netessine, S. (2012). Impact of performance-based contracting on product reliability: An empirical analysis. *Management Science, 58*(5), 961–979. https://doi.org/10.1287/mnsc.1110.1465

Hypko, P., Tilebein, M., & Gleich, R. (2010). Clarifying the concept of performance-based contracting in manufacturing industries: A research synthesis. *Journal of Service Management, 21*(5), 625–655. https://doi.org/10.1108/09564231011079075

International Electrotechnical Commission. (2017). *IEC 60300-3-3:2017 Dependability management—Part 3-3: Application guide—Life cycle costing*.

International Organization for Standardization. (2024). *ISO 55000:2024 Asset management—Vocabulary, overview and principles* (2nd ed.).

Project Management Institute. (2025). *PMI lexicon of project management terms* (Version 5.0). Project Management Institute.

Selviaridis, K., & Norrman, A. (2014). Performance-based contracting in service supply chains: A service provider risk perspective. *Supply Chain Management: An International Journal, 19*(2), 153–172. https://doi.org/10.1108/SCM-06-2013-0216

Selviaridis, K., & Wynstra, F. (2015). Performance-based contracting: A literature review and future research directions. *International Journal of Production Research, 53*(12), 3505–3540. https://doi.org/10.1080/00207543.2014.978031

Smith, A. M., & Hinchcliffe, G. R. (2004). *RCM—Gateway to world class maintenance*. Elsevier Butterworth-Heinemann.

Xiang, Y., Zhu, Z., Coit, D. W., & Feng, Q. (2017). Condition-based maintenance under performance-based contracting. *Computers & Industrial Engineering, 111*, 391–402. https://doi.org/10.1016/j.cie.2017.07.035