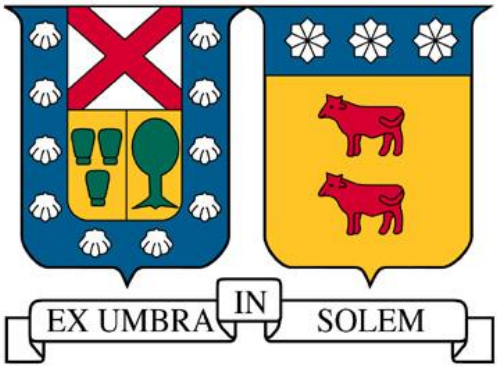
UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA
DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS
VALPARAISO – CHILE



Desarrollo de un estándar de aseguramiento y control de calidad para reparaciones de componentes mecánicos y eléctricos en talleres externos – Planta Cátodos Minera Centinela

Camilo Fuentes Arrey

TRABAJO FINAL PARA OPTAR AL GRADO DE
MAGÍSTER EN GESTIÓN DE ACTIVOS Y MANTENIMIENTO

PROFESOR GUÍA : Fredy Kristjanpoller

Septiembre 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 X Tesis de Postgrado

Título del trabajo: Desarrollo de un estándar de aseguramiento y control de calidad para reparaciones de componentes mecánicos y eléctricos en talleres externos – Planta Cátodos Minera Centinela

Nombre del candidato(a): Camilo Fuentes Arrey

Carrera / Grado: Magíster en Gestión de Activos y Mantenimiento

Campus: Campus Santiago, Vitacura **Departamento:** Industrias

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Fredy Kristjanpoller Rodriguez, 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: 10-11-2026 **Firma:** 

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 10-11-2026 **Firma:** 

Resumen Ejecutivo

La reparación de componentes representa un 10% del presupuesto administrado por la Gerencia de Mantenimiento Cátodos de Minera Centinela, y la mayoría de estos componentes forma parte de equipos críticos. Durante 2025, el 12% de las Resoluciones de Problemas (RDP) estuvo asociado a fallas de componentes reparables en las que la reparación fue factor contribuyente o causa raíz, con un impacto de 0,5% en la disponibilidad anual de la planta.

El objetivo de este trabajo fue diseñar un estándar de aseguramiento y control de calidad (QA/QC) para las reparaciones ejecutadas en talleres externos, que permita mejorar su confiabilidad y trazabilidad.

Para el diagnóstico se aplicó un checklist de 34 preguntas, basado en la metodología AMORMS y en los requisitos de ISO 9001 e ISO 55001. Los resultados mostraron un proceso con una base operativa funcional, pero sin un modelo formal de calidad. Las principales brechas fueron la verificación técnica delegada en los talleres, la ausencia de auditorías a proveedores, la falta de criterios de inspección y aceptación, y una trazabilidad y medición de desempeño limitadas.

El estándar propuesto se organiza en dos ejes. El aseguramiento de calidad establece la calificación técnica de talleres en cuatro categorías, requisitos de personal, procedimientos e instrumentos, y auditorías periódicas. El control de calidad define niveles de inspección según criticidad, con tres puntos de control que culminan en la Liberación Técnica, además de ensayos y criterios de aceptación. Se complementa con una matriz RACI, gestión de No Conformidades, un dossier de reparación y siete indicadores de desempeño.

Finalmente, se propone implementar el estándar en cuatro fases durante 12 meses. Al término se espera contar con todos los talleres evaluados y clasificados, Liberación Técnica para todo componente de criticidad extrema o alta y un dossier trazable por reparación. En el mediano plazo, se espera reducir la proporción de RDP asociadas a reparaciones, que en 2025 alcanzó un 12%, y recuperar parte del 0,5% de disponibilidad perdida por esta causa.

Índice

1. INTRODUCCIÓN 7

1.1. CONTEXTO 7
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 7

2. OBJETIVOS 8

2.1. OBJETIVO GENERAL 8
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 8

3. ALCANCE 9

4. MARCO TEÓRICO 10

4.1. GESTIÓN DE ACTIVOS FÍSICOS Y CICLO DE VIDA 10
4.2. EL MANTENIMIENTO REPARABLE Y LA CONFIABILIDAD 12
4.3. ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD (QA/QC) EN MANTENIMIENTO 13
4.4. TÉCNICAS DE AUDITORÍA 15

5. CASO APLICADO 17

5.1. DESCRIPCIÓN EMPRESA 17
5.2. ESTRUCTURA PLANTA DE CÁTODOS 18
5.3. GESTIÓN DE REPARABLES 19
5.4. ANÁLISIS DE BRECHAS 21
5.4.1. Gobernanza y alcance 21
5.4.2. Planificación de reparación 22
5.4.3. Gestión de proveedores 22
5.4.4. Ejecución de reparación 22
5.4.5. Control de calidad 23
5.4.6. Trazabilidad y control documental 23
5.4.7. Desempeño y mejora 23
5.4.8. Síntesis del diagnóstico 24

6. DESARROLLO ESTÁNDAR 25

6.1. OBJETIVOS DEL ESTÁNDAR 25
6.2. ALCANCE DEL ESTÁNDAR 25
6.3. DOCUMENTOS DE REFERENCIA 25
6.4. TÉRMINOS Y DEFINICIONES 25
6.5. FLUJO GENERAL 26

6.6. ROLES, RESPONSABILIDADES Y GOBERNANZA 27
6.7. ASEGURAMIENTO DE CALIDAD (QA) 30
6.7.1. Requisitos y Evaluación Técnica de Talleres Externos 30
6.7.2. Competencias y calificación del personal 31
6.7.3. Procedimientos y estándares de Trabajo 33
6.7.4. Equipos e instrumentos de medición 33
6.7.5. Auditorías preventivas 34
6.8. CONTROL DE CALIDAD (QC) 35
6.8.1. Plan de Inspecciones 36
6.8.2. Hold Points 36
6.8.3. Ensayos e inspecciones 38
6.8.4. Criterios técnicos de aceptación 38
6.8.5. Liberación Técnica 39
6.9. EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO 40
6.10. GESTIÓN DE NO CONFORMIDADES 40
6.11. GESTIÓN DOCUMENTAL Y TRAZABILIDAD 42

7. PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN 44

7.1. RELACIÓN ENTRE BRECHAS Y ESTÁNDAR PROPUESTO 44
7.2. PLAN DE IMPLEMENTACIÓN 45
7.3. RESPONSABLES 45
7.4. CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS 46

8. CONCLUSIONES 47

8.1. RECOMENDACIONES 47

9. BIBLIOGRAFÍA 49

Índice Figuras

Figura 1. Ciclo de vida del activo y ciclo de reparación 11
Figura 2. Causas de falla y rol del QA/QC en componentes reparados 12
Figura 3. Gestión de la calidad y enfoque QA/QC en reparaciones 14
Figura 4. Proceso de auditoría basado en evidencia objetiva 15
Figura 5. Diagrama de Chancado y Apilamiento – Planta Tesoro 17
Figura 6. Estructura organizacional simplificada de la Planta Cátodos 19
Figura 7. Diagrama de flujo proceso reparables 20
Figura 8. Gráfico general de estado del proceso de reparables 21
Figura 9. Flujo general de reparaciones con puntos de control 26
Figura 10. Fases de implementación del estándar QA/QC 45

Índice Tablas

Tabla 1. Matriz RACI Proceso QA/QC de reparaciones 29
Tabla 2. Clasificación proveedores de acuerdo con proceso de auditoría 31
Tabla 3. Frecuencia de auditorías según clasificación 34
Tabla 4. Nivel de inspección según criticidad de componente 36
Tabla 5. Clasificación de No Conformidades según su criticidad. 41
Tabla 6. Relación entre brechas del diagnóstico y elementos del estándar. 44
Tabla 7. Responsables por fase de implementación. 46
Tabla 8. Relación entre objetivos específicos y desarrollo del trabajo 46

1. Introducción

1.1. Contexto

La industria del cobre en Chile representa un 12% del PIB [1], consolidando al país como líder mundial con un 24% de la producción global. Con una demanda global que crece un 2,7% anual [2] y el envejecimiento progresivo de los yacimientos, las compañías mineras deben incrementar su competitividad, principalmente mediante el control de costos y el aumento de la productividad. En este ámbito, el mantenimiento no solo cumple un rol técnico, sino también una función estratégica que impacta en la rentabilidad y sostenibilidad del negocio. Según Campbell et al. [3], una gestión de activos adecuada permite garantizar la disponibilidad de los equipos, maximizar la producción y asegurar la continuidad operativa.

La norma ISO 55000 entrega una visión global de la gestión de activos, que busca maximizar la relación de costo, oportunidades y riesgos a lo largo del ciclo de vida, desde la adquisición hasta la disposición final [4]. En la etapa operativa, el mantenimiento cumple un rol fundamental, ya que la operación y el mantenimiento concentran la mayor parte de los Costos del Ciclo de Vida (LCC) de un activo industrial [5]. Por ello, la reparación de componentes mayores es una actividad crítica: permite extender su vida útil y restaurar su función principal, dejando el componente "apto para el uso", definición que Juran y DeFeo [6] establecen para el concepto de calidad.

1.2. Planteamiento del Problema

En Minera Centinela, la reparación de componentes representa un 10% del presupuesto administrado por la Gerencia de Mantenimiento Cátodos, por lo que su gestión tiene un efecto determinante en los costos. Además, la mayoría de estos activos forman parte de equipos críticos que, si fallan, detienen de inmediato el proceso.

Durante 2025, el 12% de las Resoluciones de Problemas (RDP) estuvo asociado a fallas de componentes reparables en las que la reparación fue factor contribuyente o causa raíz, con un impacto de 0,5% en la disponibilidad anual de la planta.

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

Diseñar un estándar de control y aseguramiento de calidad QA/QC para las reparaciones de equipos de planta ejecutadas en talleres externos, que permita mejorar la confiabilidad y la trazabilidad de dichas reparaciones, dejando las bases para su posterior implementación.

2.2. Objetivos Específicos

Para alcanzar el objetivo general propuesto, se definen los siguientes objetivos específicos:

- Identificar brechas entre las prácticas actuales y los requisitos de normas aplicables como ISO 9001 e ISO 55001
- Establecer los requisitos mínimos de control y aseguramiento de calidad que deberán cumplir los talleres externos
- Definir roles, responsabilidades y gobernanza del estándar QA/QC
- Definir indicadores de desempeño asociados al proceso de reparación externo

3. Alcance

El proyecto se enmarca en la definición de una estructura general que permita establecer un proceso de control y aseguramiento de la calidad (QA/QC) para las reparaciones de componentes realizadas en talleres externos, dentro de la Superintendencia de Planificación de la Gerencia de Mantenimiento de Cátodos de Minera Centinela.

4. Marco Teórico

4.1. Gestión de Activos Físicos y Ciclo de Vida

La norma ISO 55000 define la gestión de activos como “actividad coordinada de una organización para obtener valor de los activos” [4], esto requiere un equilibrio entre los costos, riesgos, oportunidades y desempeño.

En el caso de Antofagasta Minerals, este equilibrio se implementa mediante el Sistema de Gestión de Mantenimiento corporativo, el cual integra la gestión de confiabilidad, la planificación de largo plazo, la gestión de riesgos y estándares técnicos, entre ellos el Estándar de Evaluación de Criticidad de Activos, como mecanismo de coordinación entre la estrategia de negocio y la operación de mantenimiento [7].

En este marco, el mantenimiento pasa a ser un pilar estratégico para asegurar la confiabilidad e integridad de los activos. Cuando se trata de componentes mayores, la decisión de reparar o reemplazar un activo por uno nuevo tiene directa relación con la optimización del costo del ciclo de vida. El LCC considera todos los costos asociados, es decir, desde la adquisición del activo, la operación y mantenimiento hasta su disposición final [5]. En la industria minera, la operación y mantenimiento representa el mayor porcentaje del LCC de los activos, por lo que extender la vida útil de los componentes mediante reparaciones es una estrategia que puede impactar de manera positiva en los costos totales de la operación.

En la Figura 1 se presenta el ciclo de vida del activo y la ubicación del ciclo de reparación dentro de la etapa de operación y mantenimiento.

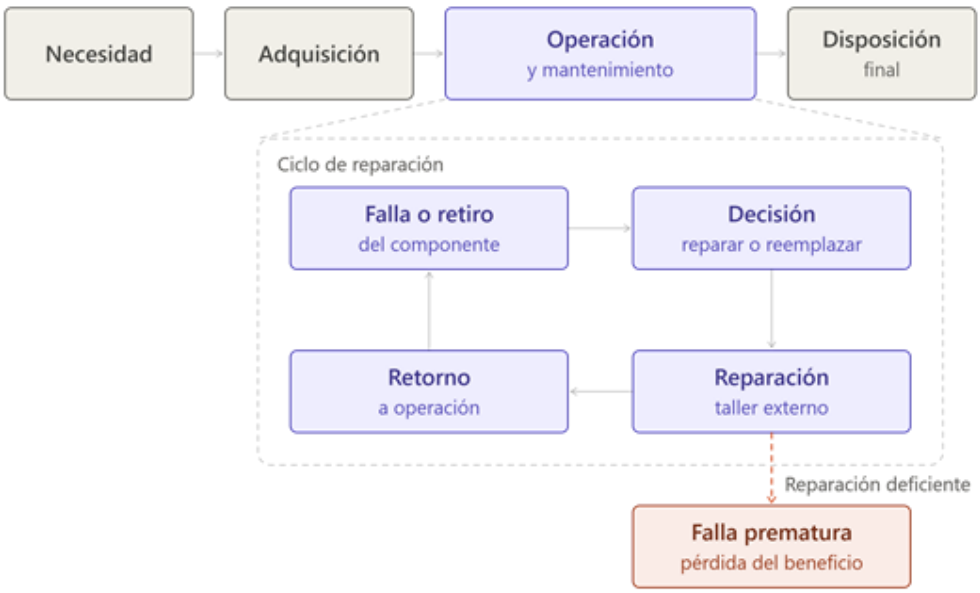


Figura 1. Ciclo de vida del activo y ciclo de reparación

Sin embargo, como se observa en la rama inferior de la Figura 1, el valor de la estrategia de reparación depende de la calidad con que se ejecuta. Un componente que retorna a la operación con deficiencias puede presentar fallas prematuras, anular el beneficio esperado e incluso generar pérdidas de producción o riesgos de seguridad. De todos los significados que se le pueden atribuir al término "calidad", Juran y DeFeo [6] destacan los dos más importantes:

- Calidad en términos de qué tan bien las características de un servicio o producto satisfacen las necesidades del cliente y, por lo tanto, le generan satisfacción.
- Calidad en términos de ausencia de fallas. En este caso, el concepto está orientado a los costos.

Llevado a las reparaciones de componentes, esto implica que los procesos deben cumplir con todas las especificaciones técnicas que exige la operación para que, una vez instalados, estos no presenten fallas, garantizando confiabilidad y continuidad operacional.

4.2. El Mantenimiento Reparable y la Confiabilidad

El Sistema de Gestión de Mantenimiento de Antofagasta Minerals [7] define los repuestos reparables como “un elemento, sistema o subsistema que, tras fallar o ser removido de un equipo, es técnica y económicamente viable someterlo a un proceso de reparación o reacondicionamiento para devolverlo a una condición de uso o a un estándar de calidad similar al original”. En general, en la industria minera gran parte de los activos se ajustan a esta definición.

Las reparaciones tienen como objetivo restituir la función principal del activo con una alta confiabilidad, es decir, una vez puesto en servicio, la probabilidad de falla durante un tiempo determinado debe ser baja. De acuerdo con lo indicado por Parra y Crespo [8], las causas por las cuales aparecen las fallas pueden clasificarse en físicas, humanas o latentes. Estas dos últimas pueden contribuir de forma relevante a fallas prematuras al momento de trabajar con componentes reparados.

La Figura 2 relaciona estas causas de falla con el rol del aseguramiento y control de calidad en la reparación. Cuando las fallas de origen humano o latente no se controlan durante la reparación, el componente puede presentar una falla prematura; cuando el proceso incorpora QA/QC, el componente retorna apto para el uso.

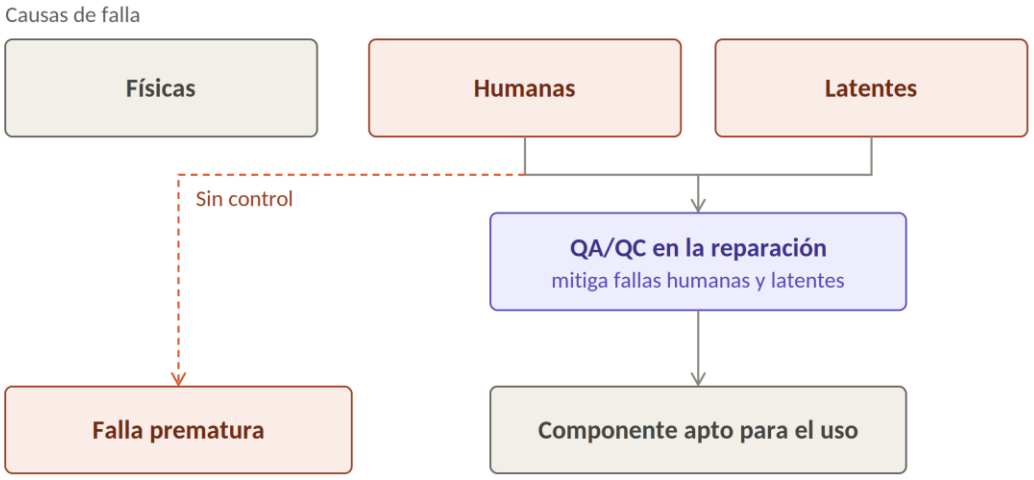


Figura 2. Causas de falla y rol del QA/QC en componentes reparados

En resumen, la gestión de reparaciones es una estrategia viable y rentable solo cuando existe un control estricto sobre cómo se ejecutan los trabajos. Por esta razón, se requiere un proceso de aseguramiento y control de la calidad (QA/QC) que permita verificar que el componente retorna en condiciones adecuadas de operación..

4.3. Aseguramiento y Control de Calidad (QA/QC) en Mantenimiento

La norma ISO 9001 especifica los requisitos de un sistema de gestión de la calidad y promueve un enfoque basado en procesos y especifica requisitos claves para su adopción. Uno de estos es el apartado referente al “Control de los productos y servicios obtenidos externamente”, en esta sección, la norma precisa que se debe establecer e implementar la verificación u otras actividades necesarias para garantizar que los procesos, productos y servicios obtenidos externamente se ajusten a lo requerido [9]. En el contexto de los procesos de reparación, este apartado da sustento a las exigencias que la compañía mandante establece para que los talleres externos cumplan sus requisitos técnicos.

Para estructurar de forma adecuada estas exigencias, resulta fundamental diferenciar los conceptos de aseguramiento de calidad (QA) y control de calidad (QC). La Sociedad Americana de Calidad, define ambos conceptos como [10]:

- Aseguramiento de calidad (Quality Assurance): Es la parte de la gestión de calidad enfocada en todas las actividades planificadas y sistemáticas implementadas dentro del sistema de calidad que pueden demostrarse para proporcionar confianza en que un producto o servicio cumplirá con los requisitos de calidad.
- Control de calidad (Quality Control): Es la parte de la gestión de calidad enfocada en las técnicas y actividades de carácter operativo utilizadas para cumplir con los requisitos de calidad.

De acuerdo con la ISO 9000:2015, la gestión de la calidad puede incluir la planificación, el aseguramiento, el control y la mejora de la calidad [11]. En la Figura 3 se presenta esta relación y el enfoque que adoptan el aseguramiento y el control de calidad en las reparaciones.



Figura 3. Gestión de la calidad y enfoque QA/QC en reparaciones

Llevando estos conceptos a la gestión de reparaciones, el aseguramiento de calidad (QA) debe tener un enfoque proactivo en los procesos que evite defectos mediante auditorías, esto considera verificación de competencias técnicas del personal, certificaciones, procedimientos, verificación de instrumentos de medición, entre otras. Estas confirmaciones permiten asegurar que el proceso de reparación se está ejecutando conforme a las exigencias establecidas.

Por otro lado, el control de calidad tiene un enfoque orientado directamente a los componentes que se encuentran en reparación. Su objetivo es identificar defectos físicos antes de que el equipo sea liberado para su entrega y despacho a faena. Esta etapa se lleva a cabo mediante inspecciones en terreno, ejecución de ensayos no destructivos (END), verificación dimensional de tolerancias y la realización de pruebas de aceptación.

En conclusión, ambas disciplinas son partes importantes de la gestión de calidad que buscan cumplir o superar las expectativas de la operación. Integrarlas en los procesos de reparación permite que los criterios de aceptación no sean definidos únicamente por el proveedor, sino que se rijan por parámetros establecidos por el mandante. Todo lo anterior permite asegurar que el activo que retorna a la operación cumpla con la condición de “apto para su uso”, mitigando las fallas latentes y humanas.

4.4. Técnicas de Auditoría

Las auditorías constituyen una herramienta de gestión utilizada para evaluar el desempeño de un proceso, verificando el grado de cumplimiento de requisitos previamente establecidos e identificando oportunidades de mejora. En el ámbito del mantenimiento, permiten evaluar la eficacia de los procesos implementados, verificar la aplicación de buenas prácticas y generar información objetiva para la toma de decisiones orientadas a la mejora continua [8]. Estos principios se encuentran formalizados en la norma ISO 19011:2026, la cual establece las directrices para la planificación, ejecución y gestión de un programa de auditoría de sistemas de gestión [12].

Para ello, las auditorías se sustentan en la recopilación de evidencia objetiva mediante distintas técnicas de evaluación, las cuales permiten contrastar la situación real del proceso con los criterios definidos por la organización o por normas de referencia. Entre las técnicas más utilizadas se encuentran la revisión documental, las entrevistas con el personal involucrado, la observación directa de las actividades y la utilización de listas de verificación o *checklists*, herramientas que permiten evaluar de manera estructurada el nivel de cumplimiento de prácticas, procedimientos y requisitos técnicos [8].

En la Figura 4 se presenta el proceso de auditoría basado en evidencia objetiva, desde la aplicación de las técnicas de evaluación hasta la identificación de hallazgos y brechas, que sirven de base para la mejora continua.



Figura 4. Proceso de auditoría basado en evidencia objetiva

Las auditorías utilizan distintos instrumentos para obtener evidencia objetiva durante la evaluación de un proceso. Entre ellos se encuentran las listas de verificación, los cuestionarios estructurados, las entrevistas y la revisión documental, los cuales permiten evaluar sistemáticamente el cumplimiento de criterios previamente definidos.

Un ejemplo de estos instrumentos corresponde a la metodología AMORMS (Asset Management Operational Reliability and Maintenance Survey), la cual emplea un cuestionario estructurado para diagnosticar el grado de implementación de prácticas relacionadas con la gestión de activos, confiabilidad y mantenimiento [13].

En la presente investigación no se aplicó la metodología AMORMS de forma íntegra. Sin embargo, su enfoque basado en la evaluación estructurada de procesos sirvió como referencia para el diseño de un checklist de elaboración propia, adaptado al proceso de gestión de componentes reparables de la Planta Cátodos de Minera Centinela. El instrumento fue desarrollado considerando los requisitos identificados en la revisión bibliográfica, los principios de las normas ISO 9001 e ISO 55001 y las buenas prácticas de aseguramiento y control de calidad en reparaciones de componentes. Su aplicación permitió identificar las principales brechas del proceso, constituyendo la base para el desarrollo del estándar QA/QC propuesto en este documento.

5. Caso Aplicado

5.1. Descripción Empresa

Minera Centinela es una compañía minera perteneciente al grupo Antofagasta Minerals, dedicada a la extracción y procesamiento de minerales de cobre. Sus operaciones se ubican en la Región de Antofagasta, aproximadamente a 20 km al sudeste de la comuna de Sierra Gorda y a 1.350 km al norte de Santiago. La empresa fue creada en el año 2014 como resultado de la integración de las operaciones Minera El Tesoro y Minera Esperanza, con el objetivo de consolidar la gestión operacional y generar sinergias entre ambos yacimientos.

La operación cuenta con dos plantas concentradoras para el procesamiento de sulfuros de cobre y una planta hidrometalúrgica destinada al procesamiento de óxidos de cobre mediante lixiviación, extracción por solventes y electroobtención (SX-EW), proceso mediante el cual se producen cátodos de cobre de alta pureza.

Durante el año 2025, la producción de cátodos representó aproximadamente un 32% de la producción total de cobre fino de Minera Centinela, lo que da a la Planta Cátodos un peso relevante dentro de la operación. Esta instalación está compuesta por los procesos de chancado, aglomeración, apilamiento, lixiviación, descarga de ripios, extracción por solventes y electro obtención, los cuales dependen de la disponibilidad y confiabilidad de sus equipos para asegurar la continuidad operacional. En la Figura 5 se presenta el diagrama de chancado y apilamiento de la Planta Tesoro.

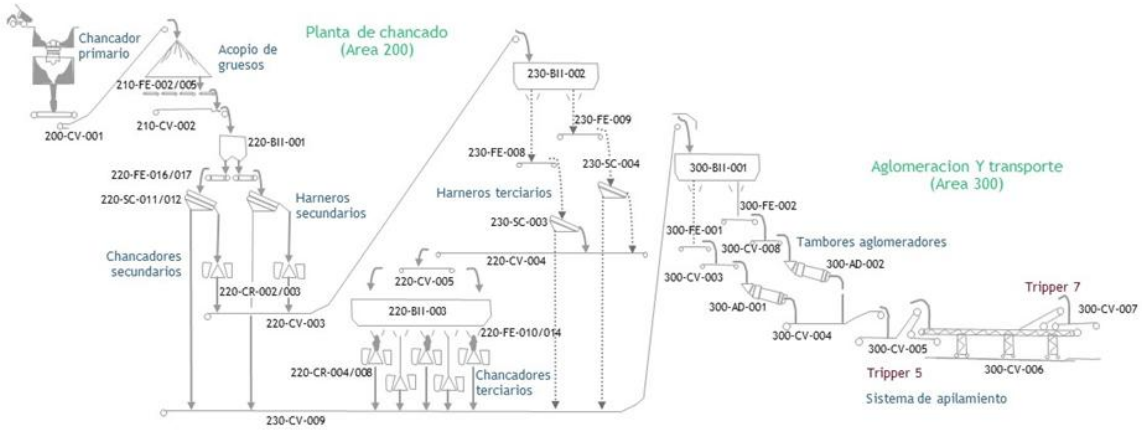


Figura 5. Diagrama de Chancado y Apilamiento – Planta Tesoro

En este contexto, el presente estudio se desarrolla en la Planta Cátodos de Minera Centinela, específicamente en el proceso de gestión de componentes reparables, el que propone un estándar de aseguramiento y control de calidad (QA/QC) para las reparaciones ejecutadas por talleres externos.

5.2. Estructura Planta de Cátodos

La Planta Cátodos de Minera Centinela es administrada por la Gerencia de Negocios Cátodos, la cual tiene bajo su dependencia las Gerencias de Operaciones y Mantenimiento. El presente estudio se desarrolla en el ámbito de la Gerencia de Mantenimiento, debido a que esta es responsable de la gestión de los activos físicos y del proceso de reparación de componentes utilizado para restituir la disponibilidad y confiabilidad de los equipos de la planta.

La Gerencia de Mantenimiento se estructura en tres superintendencias: Confiabilidad, Planificación y Ejecución del Mantenimiento, cada una con funciones específicas dentro del proceso de gestión de activos.

La Superintendencia de Confiabilidad es responsable de definir estrategias de mantenimiento, analizar el desempeño de los activos y establecer criterios técnicos para mejorar su confiabilidad. La Superintendencia de Planificación del Mantenimiento administra la planificación de las intervenciones, la gestión de componentes reparables y la coordinación de los servicios externos asociados a las reparaciones. Por su parte, la Superintendencia de Ejecución del Mantenimiento es responsable de la ejecución de las actividades de mantenimiento en terreno, incluyendo el desmontaje e instalación de componentes.

En la Figura 6 se presenta de forma simplificada la estructura organizacional de la Planta Cátodos, destacando las áreas involucradas en el proceso de gestión de componentes reparables.

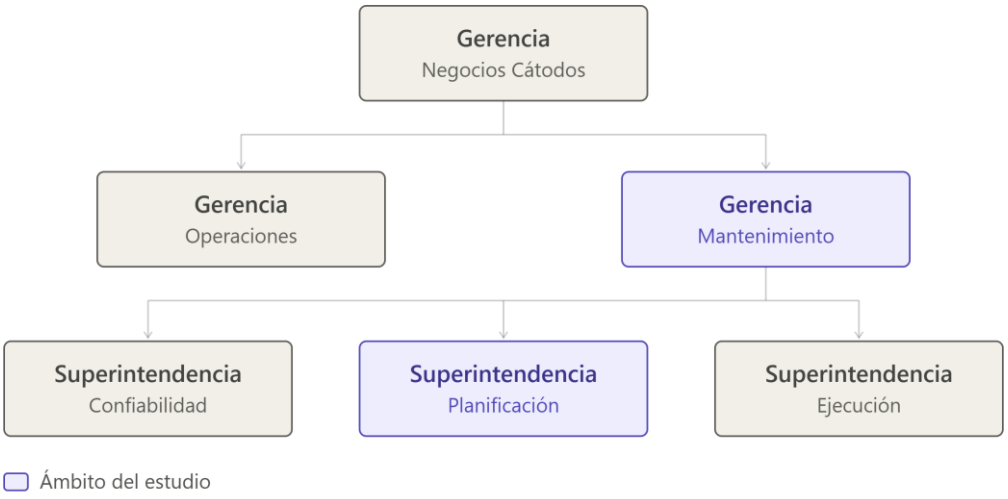


Figura 6. Estructura organizacional simplificada de la Planta Cátodos

Dentro de esta estructura organizacional, la gestión de componentes reparables es administrada por la Superintendencia de Planificación del Mantenimiento, siendo este el proceso en el cual se centra el presente caso aplicado y que se describe en la sección siguiente.

5.3. Gestión de Reparables

La gestión de los componentes reparables es responsabilidad de la Superintendencia de Planificación del Mantenimiento y tiene como objetivo asegurar la disponibilidad de componentes estratégicos para la operación mediante la administración de su ciclo de reparación. Este proceso considera desde el envío de los componentes a los talleres externos, la evaluación técnica, la ejecución de la reparación hasta su posterior reincorporación al inventario, con el fin de mantener la continuidad operacional al menor costo y extender la vida útil de los activos.

Este proceso requiere la participación coordinada de distintas áreas de la organización, entre ellas se destacan la Planificación, Ejecución, Contratos y Logística, además de los talleres externos encargados de ejecutar las reparaciones. Cada una interviene en distintas etapas, con funciones técnicas, administrativas o logísticas.

El proceso se inicia con el reemplazo de un componente en terreno por otro nuevo o previamente reparado. Posteriormente, el componente retirado es preparado e identificado para su envío a bodega, donde el Ingeniero de Reparables gestiona la

solicitud de reparación y coordina la emisión de la orden de compra correspondiente para la evaluación técnica del componente.

Una vez recibido por el taller reparador, el componente es evaluado técnicamente y presenta los resultados en un informe que incluye el diagnóstico del estado del componente, el alcance de la reparación propuesta y la cotización del servicio. Sobre la base de esta información, la compañía realiza la revisión técnica y económica de la propuesta, determinando la aprobación o rechazo de la reparación.

En los casos en que la reparación es aprobada, el proveedor ejecuta los trabajos comprometidos y posteriormente entrega el componente reparado junto con la documentación técnica correspondiente. Finalmente, el componente es recepcionado por la compañía, almacenado en bodega y queda disponible para cuando se requiera.

En la Figura 7 se presenta el flujo general del proceso de gestión de componentes reparables implementado actualmente en la Planta Cátodos de Minera Centinela.

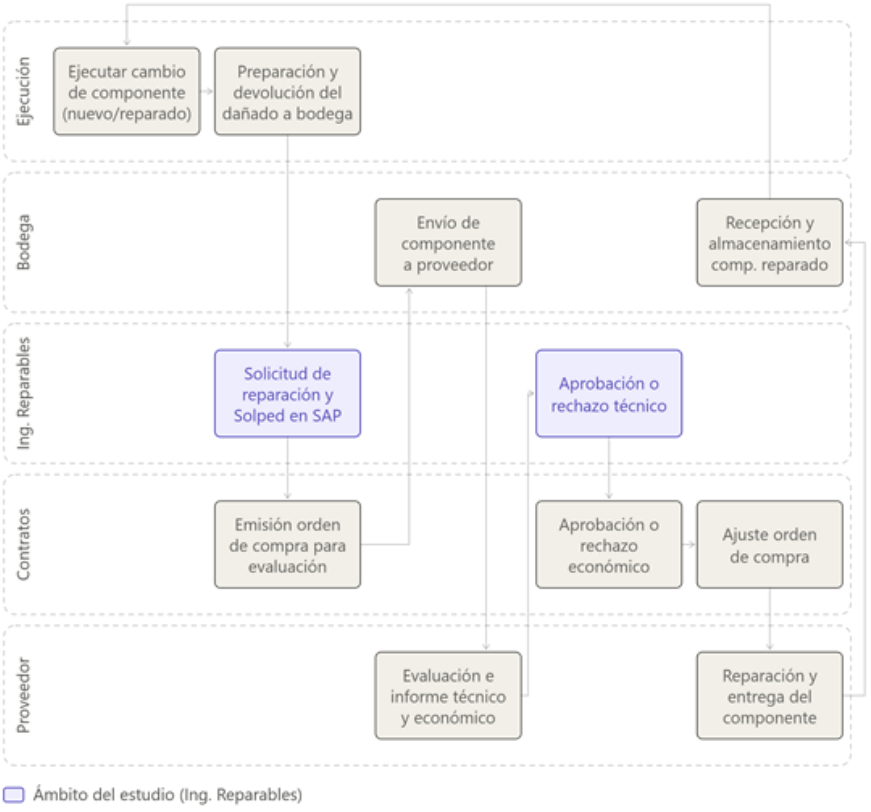


Figura 7. Diagrama de flujo proceso reparables

5.4. Análisis de brechas

Con el fin de realizar un diagnóstico inicial del proceso, se aplicó el checklist del Anexo 1, orientado a evaluar el nivel de madurez del área de reparables respecto al control y aseguramiento de calidad de las reparaciones ejecutadas en talleres externos. Este instrumento fue desarrollado tomando como referencia la auditoría AMORMS: Asset Management, Operational Reliability and Maintenance Survey [13], adaptando sus criterios al proceso específico de reparación.

La evaluación tuvo como objetivo identificar el estado actual del proceso en relación con los siguientes aspectos: alcance y gobernanza del proceso de reparación, control de talleres externos, planificación de reparaciones, inspecciones, pruebas, liberación técnica, trazabilidad documental, medición del desempeño y alineamiento con los principios de ISO 9001 e ISO 55001.

En la Figura 8 se presenta el resultado general de la evaluación inicial.

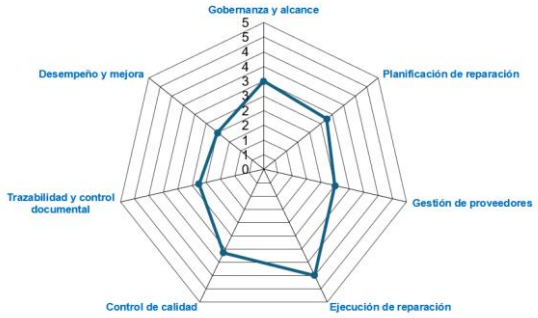


Figura 8. Gráfico general de estado del proceso de reparables

A partir de los resultados obtenidos, se observa que todos los criterios evaluados presentan oportunidades de mejora. Si bien el proceso cuenta con prácticas operativas instaladas, estas no se encuentran completamente estandarizadas ni integradas bajo un modelo formal de aseguramiento y control de calidad. Las principales oportunidades identificadas se describen a continuación.

5.4.1. Gobernanza y alcance

El proceso de reparables cuenta con una estructura general, con roles y responsabilidades definidos para las etapas principales de gestión. Sin embargo, existen brechas en la aplicación sistemática de dichas responsabilidades, especialmente en las

etapas asociadas a la recepción, devolución a bodega y liberación técnica de los componentes reparados.

Además, una parte importante de la verificación técnica queda hoy delegada en los talleres externos, por lo que es necesario fortalecer el rol del mandante mediante criterios propios de auditoría, revisión documental, control de calidad y aprobación final de las reparaciones.

5.4.2. Planificación de reparación

El área cuenta con una clasificación de equipos de acuerdo con su criticidad operacional. No obstante, esta clasificación no se traduce completamente en planes de control de calidad diferenciados según el nivel de riesgo o impacto del componente.

Por ello, es necesario vincular la criticidad de cada componente con su nivel de exigencia de calidad, mediante planes de inspección y ensayo, hitos de control, criterios de aceptación y requisitos documentales proporcionales a la importancia del activo.

5.4.3. Gestión de proveedores

No existe un programa formal de auditorías periódicas a los talleres externos. Actualmente existen revisiones o visitas puntuales, pero no se evidencia un mecanismo sistemático que permita validar, reevaluar y comparar la capacidad técnica de los proveedores en el tiempo.

Adicionalmente, no se identifican recursos propios suficientemente definidos para contrastar mediciones críticas realizadas por los proveedores, tales como controles dimensionales, pruebas eléctricas, ensayos no destructivos, balanceo u otras pruebas aplicables. Contar con esos recursos fortalecería la capacidad técnica del mandante y reduciría su dependencia de la información entregada por terceros.

5.4.4. Ejecución de reparación

La ejecución de las reparaciones presenta un buen nivel de respaldo documental, con informes de evaluación, registros fotográficos y dossiers de reparación. Estos antecedentes permiten registrar los trabajos ejecutados y mantener evidencia del proceso.

Sin embargo, se observa que los estándares documentales y técnicos varían entre proveedores. Esto dificulta comparar objetivamente reparaciones similares y asegurar un nivel homogéneo de calidad. Se requiere, por tanto, definir requisitos mínimos comunes para informes, protocolos, registros fotográficos, certificados, pruebas y documentación de cierre.

5.4.5. Control de calidad

No existen criterios completamente formalizados para determinar qué componentes requieren revisión, inspección presencial o liberación final por parte del mandante antes del despacho desde el taller externo.

Tampoco se cuenta con protocolos estandarizados que definan, para cada familia de componente, los criterios mínimos de aceptación y rechazo. Estos vacíos justifican implementar planes de inspección y ensayo, puntos de evaluación, revisión documental obligatoria y criterios técnicos de liberación.

5.4.6. Trazabilidad y control documental

El proceso cuenta con registros documentales asociados a las reparaciones; sin embargo, se evidencia una brecha importante en la trazabilidad histórica de cada componente. En particular, no siempre es posible consolidar de forma simple el historial de intervenciones, fallas, proveedor, costos, fechas, repuestos utilizados y desempeño posterior de cada reparable.

Para cerrar esta brecha, se propone fortalecer el control documental mediante un dossier técnico estandarizado y un historial trazable por componente o número de serie. Esto permitiría mejorar el análisis de ciclo de vida, la gestión de garantías, la identificación de fallas repetitivas y la toma de decisiones entre reparar, reemplazar o modificar la estrategia de mantenimiento.

5.4.7. Desempeño y mejora

Esta es una de las dimensiones con mayores brechas del diagnóstico. Actualmente, la medición del desempeño de proveedores y del proceso de reparación es limitada, sin evidencia suficiente de indicadores capturados y revisados periódicamente.

Asimismo, se identifican brechas en la documentación de lecciones aprendidas, análisis de fallas post reparación y retroalimentación hacia estándares técnicos o contratos. Sin esta información, la mejora continua es limitada y aumenta el riesgo de que las fallas se repitan.

En consecuencia, se requiere definir indicadores específicos para el proceso de reparables, tales como cumplimiento de plazo, porcentaje de reparaciones con dossier completo, no conformidades por proveedor, rechazos en la recepción, garantías ejecutadas, fallas post reparación y desempeño de componentes reparados en operación.

5.4.8. Síntesis del diagnóstico

El diagnóstico muestra que el proceso actual de reparables cuenta con una base operativa funcional, pero requiere fortalecer su nivel de estandarización, trazabilidad y control técnico. Las principales oportunidades se concentran en la definición de criterios QA/QC propios del mandante, auditoría sistemática de talleres externos, implementación de planes de inspección y ensayo, formalización de criterios de liberación, consolidación documental y medición periódica del desempeño.

Estas brechas son la base del estándar QA/QC propuesto, que busca asegurar que las reparaciones de componentes mecánicos y eléctricos se ejecuten bajo requisitos técnicos definidos, evidencia objetiva de conformidad y criterios de liberación alineados con los principios de gestión de calidad y gestión de activos.

6. Desarrollo Estándar

6.1. Objetivos del Estándar

El presente estándar tiene por objetivo establecer los requisitos de aseguramiento y control de calidad (QA/QC) aplicables a las reparaciones de componentes mecánicos y eléctricos ejecutadas por talleres externos para la Planta Cátodos de Minera Centinela, con el fin de estandarizar los procesos de reparación, asegurar el cumplimiento de los requisitos técnicos, fortalecer la trazabilidad y contribuir a la confiabilidad y disponibilidad de los activos durante su ciclo de vida.

6.2. Alcance del Estándar

Este estándar aplica a todas las reparaciones de componentes mecánicos y eléctricos ejecutadas por talleres externos para la Planta Cátodos de Minera Centinela, independientemente de la modalidad contractual utilizada.

Se excluyen del alcance de este estándar las reparaciones ejecutadas directamente por personal propio de la compañía, las actividades de mantenimiento rutinario en terreno y la fabricación de componentes nuevos.

6.3. Documentos de referencia

El presente estándar se sustenta en los siguientes requisitos normativos y documentos de aplicación:

- ISO 9001:2015: Sistemas de gestión de la calidad — Requisitos.
- ISO 19011:2026: Directrices para la auditoría de los sistemas de gestión.
- ISO 55001:2014: Gestión de activos — Sistemas de gestión — Requisitos.
- Sistema de Gestión de Mantenimiento 2025 — Antofagasta Minerals.
- Estándar de Evaluación de Criticidad de Activos — Antofagasta Minerals.

6.4. Términos y Definiciones

Auditoría: Proceso sistemático, independiente y documentado para obtener Evidencias Objetivas (de Auditoría) y evaluarlas de manera objetiva con el fin de determinar el grado en que se cumplen los Criterios de Auditoría.

Componente Reparable: elemento, sistema o subsistema que, tras fallar o ser removido de un equipo, es técnica y económicamente viable someter a un proceso de

reparación o reacondicionamiento, con el fin de devolverlo a una condición de uso o a un estándar de calidad similar al original.

Componente Dañado: componente reparable que, por su condición, no se encuentra apto para entrar en operación.

Componente Crítico: componente que, de acuerdo con lo establecido en el Estándar de Evaluación de Criticidad de Activos, pertenece a un equipo de criticidad extrema.

Hold Point: punto de control de inspector asignado por Minera Centinela, el cual debe ser externo al taller reparador.

Liberación Técnica: hito de aprobación formal de la reparación ejecutada por el proveedor, mediante el cual el Inspector QA/QC autoriza la entrega del componente.

6.5. Flujo general

El proceso de gestión de reparables se ejecuta mediante la participación coordinada de las áreas de Ejecución, Bodega, Ingeniería de Reparables, Contratos y el Proveedor externo, conforme al flujo presentado en la Figura 9.

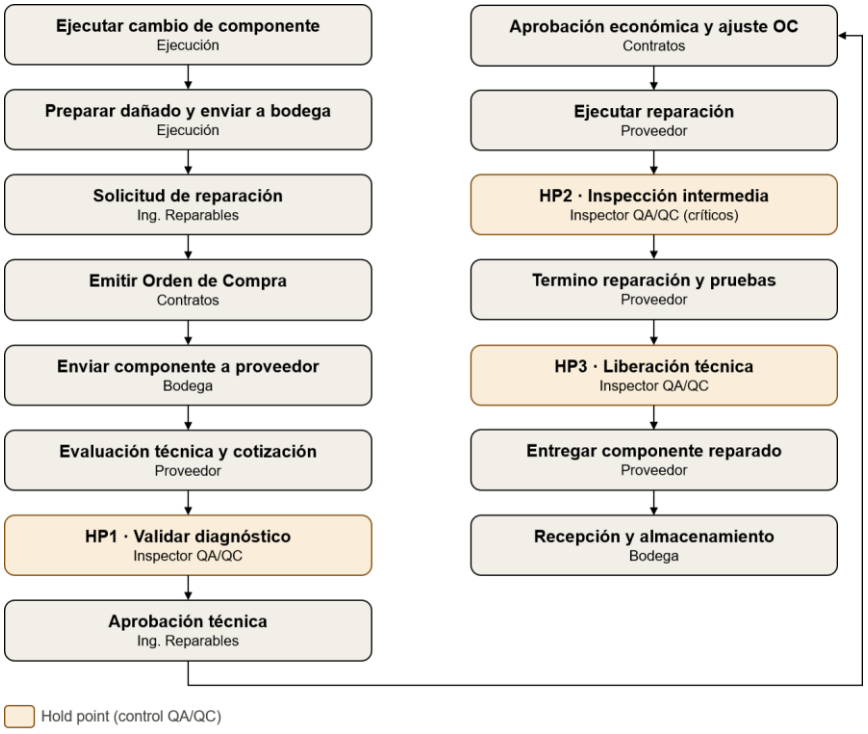


Figura 9. Flujo general de reparaciones con puntos de control

El proceso se inicia con la ejecución del cambio del componente reparable en terreno y la preparación del componente dañado para su envío a bodega. A continuación, el Ingeniero de Reparables gestiona la solicitud de reparación, dando origen a la emisión de la orden de compra por parte de Contratos y al envío del componente desde bodega hacia el proveedor externo.

El proveedor ejecuta la evaluación técnica del componente y emite el informe de cotización correspondiente, sobre cuya base se aplica el primer punto de control del presente estándar y se procede a la aprobación técnica de la reparación por parte del Ingeniero de Reparables.

Aprobado el aspecto técnico, Contratos gestiona la aprobación económica y el ajuste de la orden de compra, tras lo cual el proveedor ejecuta la reparación. Durante esta etapa se aplica el segundo punto de control del estándar, aplicable a componentes críticos, previo al término de la reparación y la ejecución de las pruebas correspondientes.

Finalizadas las pruebas, se aplica el tercer punto de control del estándar como condición previa a la entrega del componente por parte del proveedor. Una vez liberado, el componente es entregado, recibido y almacenado en bodega, quedando disponible para su uso.

El presente estándar incorpora tres puntos de control (hold points), cuyo detalle, responsable, criterios de aceptación y evidencia requerida, se desarrolla en la sección 6.8.2.

6.6. Roles, Responsabilidades y Gobernanza

Esta sección define los roles, responsabilidades y niveles de autoridad de las áreas que participan en la gestión de calidad de las reparaciones externas. Su propósito es coordinar el trabajo entre ellas, mantener la trazabilidad y asegurar el cumplimiento de los requisitos técnicos durante todo el proceso.

La administración del estándar es responsabilidad de la Superintendencia de Planificación del Mantenimiento, a través del Ingeniero de Reparables, quien actúa como responsable del proceso y vela por la correcta aplicación de los requisitos establecidos en este documento. Por su parte, el área de Confiabilidad proporciona el soporte técnico para la definición de criterios de reparación, evaluación de casos especiales y análisis del desempeño de los componentes reparados.

Las actividades de reparación son ejecutadas por talleres externos previamente calificados, mientras que la verificación de su cumplimiento se realiza mediante

inspecciones, revisión documental y controles de calidad efectuados por la organización, directamente o a través de un Inspector QA/QC cuando corresponda.

Con el fin de establecer claramente las responsabilidades durante las principales actividades del proceso, en la Tabla 1 se presenta la matriz RACI del proceso de control y aseguramiento de calidad.

En este estándar, la matriz RACI se interpreta de la siguiente manera:

- Responsible (R): Ejecuta la actividad.
- Accountable (A): Aprueba y responde por el resultado de la actividad ante la compañía.
- Consulted (C): Entrega apoyo o criterio técnico antes de la toma de decisiones.
- Informed (I): Es informado del desarrollo o resultado de la actividad.

Tabla 1. Matriz RACI Proceso QA/QC de reparaciones

Actividad	Ing. Confiabilidad	Ing. Reparables	Inspector QA/QC	Taller Reparador
Evaluación y alcance técnico de reparación	C	A	I	R
Aprobación del informe de evaluación inicial	C	A	C	R
Ejecutar la reparación	I	A	I	R
Elaborar Plan de Inspección y Ensayo	C	A	C	R
Inspecciones y Verificación Calidad	I	A	R	I
Revisar documentación técnica y dossier	C	A	R	R
Liberación técnica del componente	I	A	R	I
Evaluación del desempeño del proveedor	C	A	R	I
Gestión de No Conformidades	C	A	R	R

En la matriz se evidencia que el Taller es responsable de la ejecución técnica de las actividades asociadas a la reparación, mientras que el Ingeniero de Reparables mantiene la responsabilidad sobre la administración del proceso y la aprobación de sus etapas críticas, actuando como responsable ante la organización frente a la aceptación de los trabajos ejecutados. El Ingeniero de Confiabilidad participa como apoyo técnico cuando la complejidad o criticidad de la reparación lo requiere, mientras que el Inspector QA/QC verifica el cumplimiento de los requisitos establecidos mediante inspecciones, ensayos y revisión documental.

Las modificaciones al presente estándar, así como los criterios técnicos de aceptación, planes de inspección y requisitos documentales, deberán ser revisados conjuntamente por las áreas de Planificación del Mantenimiento y Confiabilidad antes de su implementación. Asimismo, toda desviación detectada durante inspecciones, auditorías o análisis de fallas deberá gestionarse mediante el proceso de tratamiento de No Conformidades establecido en este documento.

6.7. Aseguramiento de Calidad (QA)

Esta sección reúne las actividades planificadas y sistemáticas que dan confianza en que el proceso de reparación se ejecutará conforme a los requisitos técnicos. Estas actividades actúan de forma preventiva sobre las condiciones, capacidades y competencias del taller, antes de intervenir los componentes.

El aseguramiento de calidad comprende la evaluación y calificación técnica de los talleres externos, la verificación de las competencias del personal que ejecuta las reparaciones, la existencia de procedimientos y estándares de trabajo documentados, la trazabilidad de los equipos e instrumentos de medición utilizados, y la ejecución de un programa de auditorías que permita verificar, de forma periódica, la mantención de las condiciones del taller.

6.7.1. Requisitos y Evaluación Técnica de Talleres Externos

Con el objetivo de mantener una base actualizada de proveedores capaces de realizar reparaciones de calidad para las familias de equipos que tiene el área de Mantenimiento Cátodos, la Superintendencia deberá definir un plan trimestral para evaluar talleres nuevos y reevaluar talleres que corresponda auditar en ese período, de acuerdo con la frecuencia establecida según su clasificación en la sección 6.7.5.

Estos proveedores deberán cumplir con los requisitos mínimos establecidos en la norma ISO 9001, evaluados mediante un checklist de calificación técnica que considere, al menos:

1. Estrategia de Salud y Seguridad
2. Sistema de control de calidad documentado (procedimientos, planes de inspección)
3. Organización, experiencia y referencias de trabajos similares
4. Know-how técnico y herramientas de ingeniería (software de diseño/simulación cuando aplique)
5. Equipamiento e instalaciones certificadas para el tipo de reparación
6. Trazabilidad de instrumentos de medición (calibración vigente)

La evaluación técnica de talleres se calificará mediante una nota ponderada en base a los criterios establecidos, expresada en una escala de 0 a 100%. De acuerdo con el resultado obtenido, el taller será clasificado en una de las siguientes categorías:

Tabla 2. Clasificación proveedores de acuerdo con proceso de auditoría

Clasificación	Descripción	Nota	Descripción
A	Aprueba sobre lo esperado	≥ 95%	El proveedor demuestra capacidad de reparación técnica y procesos de calidad altos, permitiendo reducir las inspecciones QA/QC de Minera Centinela.
B	Aprueba sin observaciones	80% – 94%	El proveedor aprueba sin observaciones relevantes.
C	Aprueba con observaciones	70% – 79%	El proveedor debe presentar un plan de mejora de las condiciones observadas.
D	No Aprueba	< 70%	Proveedor no apto para realizar reparaciones.

Un taller clasificado como No Aprueba quedará inhabilitado para la ejecución de reparaciones bajo el presente estándar, pudiendo optar a una nueva evaluación transcurrido un plazo mínimo de un año desde la fecha de obtención de dicha calificación.

6.7.2. Competencias y calificación del personal

Para efectos del presente estándar, se considera personal calificado a aquel que cuente con evidencia documental vigente que acredite las siguientes competencias y certificaciones, según corresponda a la naturaleza de la actividad y especialidad de la reparación asignada:

Competencias técnicas clave:

- Diagnóstico de fallas: Interpretación de planos mecánicos/eléctricos, uso de software de escaneo, diagramas de flujo y análisis de causa raíz.
- Metrología y uso de instrumentos de medición: Manejo calibrado de pie de metro, micrómetros, comparadores de carátula, multímetros y torquímetros.
- Procedimientos de montaje y desmontaje: Conocimiento de tolerancias, ajustes, pares de apriete (torque) y secuencias de armado según manuales de fabricante.

- Técnicas de unión y soldadura: Dominio de procesos SMAW, GMAW (MIG/MAG) o GTAW (TIG), preparación de juntas y conocimiento de metalurgia básica.
- Manejo de fluidos y sistemas oleohidráulicos/neumáticos: Purga, reemplazo de sellos, presurización y pruebas de estanqueidad.
- Control de calidad y trazabilidad: Registro en pautas de inspección, verificación de puntos de control (Hold Points) y reporte de no conformidades.
- Ensayos eléctricos: medición de resistencia de aislación, resistencia de bobinado, continuidad y rigidez dieléctrica en motores y equipos eléctricos.
- Rebobinado de motores eléctricos: diagnóstico de fallas de bobinado, extracción, rebobinado e impregnación de motores eléctricos conforme a especificaciones técnicas del fabricante.
- Balanceo dinámico de equipos rotativos: nivelación y corrección de desbalance en rotores, poleas, ejes y acoplamientos mediante equipos de balanceo dinámico, conforme a normas de vibración admisible aplicables.

Certificaciones Técnicas:

- Soldadura estructural y de tuberías: Homologación bajo estándares AWS o ASME.
- Ensayos No Destructivos (END/NDT): Certificación ASNT Nivel I o II en Líquidos Penetrantes (PT), Partículas Magnéticas (MT) o Ultrasonido (UT).
- Operación de equipos de izaje: Certificación para operación segura de puentes grúa, montacargas y eslingas (Rigger).
- Especialidad de fabricantes: Acreditaciones oficiales emitidas por marcas específicas (rodamientos, motores, bombas, transmisiones o sistemas electrónicos).

El taller deberá mantener un registro documentado y actualizado de las calificaciones vigentes de su personal técnico, el cual deberá estar disponible para su revisión por parte de Minera Centinela como parte de la evaluación técnica establecida en la sección 6.7.1 o de las auditorías establecidas en la sección 6.7.5. La ausencia de evidencia documental vigente para el personal asignado a una reparación específica constituirá una desviación sujeta al tratamiento de No Conformidades establecido en el presente estándar.

6.7.3. Procedimientos y estándares de Trabajo

El taller reparador deberá contar con procedimientos de trabajo documentados para las actividades críticas del proceso de reparación, los cuales deberán estar disponibles para su verificación por parte de Minera Centinela.

- Procedimientos técnicos de reparación, correspondientes a los procesos críticos ejecutados, como por ejemplo, procedimiento de soldadura, rebobinado, balanceo dinámico, montaje y desmontaje, ensayos eléctricos, entre otros. Estos deberán especificar, como mínimo, el alcance de la actividad, riesgos de seguridad y salud, equipo de protección personal aplicable, los recursos y equipos requeridos, la secuencia de ejecución, los parámetros técnicos de control aplicables y los criterios de aceptación asociados.
- Procedimientos de aseguramiento de calidad, que incluyan, al menos, un plan de Inspección y ensayo por tipo de componente o familia de reparación, y un procedimiento interno de identificación y control de no conformidades previo a la entrega del componente.

El uso efectivo de los procedimientos en terreno deberá verificarse mediante alguno de los siguientes medios, según la criticidad de la actividad y del componente:

- Evaluación escrita al personal técnico sobre el contenido y aplicación del procedimiento.
- Verificación en terreno, por parte de Inspector QA/QC, de la aplicación de los pasos establecidos.
- Revisión documental de registros de ejecución asociados al procedimiento (checklist firmado, registro fotográfico, parámetros medidos), cuando la actividad no amerite verificación presencial.

La ausencia de procedimientos documentados para una actividad crítica, o la evidencia de su incumplimiento durante la verificación, constituirá una desviación sujeta al tratamiento de No Conformidades establecido en el presente estándar.

6.7.4. Equipos e instrumentos de medición

El taller reparador deberá asegurar la disponibilidad de instrumentos de medición acorde al servicio de reparación que ejecutará. Además, respecto a la calibración y estado, debe cumplir con lo exigido por la norma ISO 9001:

- Estar verificados o calibrados a intervalos específicos o antes de su uso, contra patrones de medición trazables a patrones de medición nacionales o internacionales especificados. Cuando no existan tales patrones, la base utilizada para la calibración o verificación debe mantenerse como información documentada.
- Identificados con el fin de determinar su estado de calibración.
- Protegerse contra ajustes, daños o deterioros que pudieran invalidar el estado de calibración y resultado de las mediciones posteriores.

La organización determinará si la validez de los resultados de medición anteriores se ha visto afectada negativamente cuando un instrumento se encuentre defectuoso durante su verificación o calibración planificada, o durante su uso, y tomará las medidas apropiadas cuando sea necesario.

La calibración de los instrumentos de medición deberá ejecutarse con la frecuencia establecida por el fabricante del instrumento o por la norma técnica aplicable, la cual deberá encontrarse documentada y disponible para su verificación. La calibración deberá ser ejecutada por una entidad acreditada y con trazabilidad de los patrones de medición.

El taller reparador deberá contar, como mínimo, con los siguientes instrumentos calibrados, de acuerdo con la especialidad y los procesos de reparación que gestione: micrómetro, pie de metro, reloj comparador, llave de torque, analizador de vibraciones, equipo de ultrasonido, durómetro, megóhmetro (Megger) y probador de sobretensión (Surge Tester), entre otros aplicables a la naturaleza de la reparación ejecutada.

6.7.5. Auditorías preventivas

Con el objetivo de verificar la mantención de las condiciones técnicas que dieron origen a la calificación de un taller conforme a la sección 6.7.1, Minera Centinela ejecutará auditorías de seguimiento a los talleres calificados, cuya frecuencia se determinará según la clasificación vigente del taller:

Tabla 3. Frecuencia de auditorías según clasificación

Clasificación vigente	**Frecuencia de auditoría**
Aprueba sobre lo esperado	Anual
Aprueba sin observaciones	Semestral
Aprueba con observaciones	Trimestral

Cada auditoría de seguimiento se ejecutará bajo los mismos criterios técnicos establecidos en la sección 6.7.1, y su resultado dará origen a una nueva clasificación del taller, la cual reemplazará a la vigente y ajustará la frecuencia de auditoría futura en consecuencia. Un taller que obtenga una nota inferior a la del ciclo de evaluación anterior descenderá a la categoría correspondiente a su nueva calificación.

Adicionalmente, el taller descenderá automáticamente al nivel de clasificación inmediatamente inferior en los siguientes casos:

- Ante la ocurrencia de una No Conformidad clasificada como Crítica o Mayor, conforme a lo establecido en la sección 6.10, independientemente de la fecha de su próxima auditoría programada.
- Ante la acumulación de tres o más No Conformidades clasificadas como Menor dentro del plazo de vigencia de la clasificación asignada.

Al descender de categoría, ya sea por resultado de auditoría o por acumulación de No Conformidades, el conteo de No Conformidades Menores se reiniciará conforme a la nueva clasificación asignada.

Un taller que, como resultado de una auditoría de seguimiento o de la aplicación de los párrafos anteriores, obtenga la clasificación No Aprueba, quedará sujeto a lo establecido en la sección 6.7.1 respecto de su inhabilitación y plazo mínimo de reevaluación.

Las auditorías de seguimiento serán ejecutadas por el Inspector QA/QC y su resultado deberá quedar documentado y disponible para consulta como antecedente de la gestión de proveedores del área.

6.8. Control de Calidad (QC)

Esta sección reúne las verificaciones que se aplican directamente sobre el componente en reparación, para constatar que cumple los requisitos técnicos para su uso en operación.

El control de calidad comprende la planificación de las inspecciones aplicables a cada componente según su clasificación de criticidad, la ejecución de puntos de control obligatorios durante etapas específicas del proceso de reparación (hold points), la realización de ensayos e inspecciones técnicas sobre el componente, la verificación del cumplimiento de los criterios técnicos de aceptación definidos, y la autorización formal que habilita la entrega del componente reparado.

6.8.1. Plan de Inspecciones

El nivel de inspección aplicable a cada componente reparado se determinará en función de su clasificación de criticidad, conforme a lo establecido en el Estándar de Evaluación de Criticidad de Activos de la compañía, de acuerdo con los niveles que se detallan en la Tabla 4.

Tabla 4. Nivel de inspección según criticidad de componente

Nivel de criticidad	**Nivel de inspección**
Extrema	Todos los Hold Points establecidos se aplican de forma obligatoria. Las etapas del proceso no pueden avanzar mientras no exista validación del Inspector QA/QC.
Alta	La aplicación de Hold Points 1 y 2 están sujetos a evaluación del Ingeniero de Reparables, no siendo obligatorios para dar continuidad a la reparación. El Hold Point 3 (Liberación Técnica) es obligatorio para que el proveedor realice la entrega del componente reparado.
Media - Baja	Los puntos de control no son obligatorios, pudiendo aplicarse uno o más de estos según criterio del área.

La criticidad del componente y nivel de inspección aplicable deberán ser definidos previo al inicio del proceso de reparación, y ser de conocimiento del taller reparador desde la etapa de evaluación técnica.

Toda inspección realizada debe ser documentada y firmada por inspector QA/QC. Esta información debe ser almacenada y cumplir con requisitos indicados en sección 6.11.

6.8.2. Hold Points

El estándar establece tres puntos de control con aplicación según el nivel de criticidad del componente, conforme a lo establecido en la sección 6.8.1.

- Hold Point 1: Validación de evaluación y diagnóstico
    - Objetivo: Este punto de control se debe aplicar previo a la aprobación técnica y tiene como objetivo validar el informe técnico de evaluación realizado por el taller y el alcance de reparación.

- Verifica: coherencia entre falla reportada y diagnóstico indicado en informe de evaluación, alcance de reparación propuesto respecto al diagnóstico, razonabilidad de la cotización respecto al alcance propuesto.
- Evidencia objetiva: informe de evaluación técnica del taller, registro fotográfico de componente, medición y aplicación de ensayos por parte del Inspector QA/QC.

- Hold Point 2: Inspección intermedia
  - Objetivo: Este control se debe aplicar según la criticidad establecida en la sección 6.8.1, o en las ocasiones adicionales que determine el Ingeniero de Reparables. Tiene como objetivo asegurar la aplicación de controles de calidad, procedimientos y alcance de la reparación durante el proceso.
  - Verifica: cumplimiento de las dimensiones y tolerancias críticas del componente durante la reparación, conformidad de uniones soldadas o mecanizadas, implementación controles de calidad, ejecución de las actividades de acuerdo con los procedimientos técnicos de reparación aplicables (sección 6.7.3).
  - Evidencia objetiva: Procedimientos en terreno, check list de control de calidad firmados, registro fotográfico de componente, medición y aplicación de ensayos por parte del Inspector QA/QC.
- Hold Point 3: Liberación técnica
  - Objetivo: Este control se aplica al finalizar la reparación y tiene como objetivo el asegurar cumplimiento total del alcance de reparación, pruebas funcionales y condición de entrega del componente reparado.
  - Verifica: cumplimiento de los criterios técnicos de aceptación establecidos en la sección 6.8.4 y los resultados de los ensayos e inspecciones de la sección 6.8.3.
  - Evidencia objetiva: Registro de liberación técnica firmado, resultados de ensayos, dossier de reparación.

6.8.3. Ensayos e inspecciones

Los ensayos e inspecciones aplicables a cada componente reparado se determinarán según si se trata de una reparación mecánica o eléctrica, el tipo de reparación ejecutada y el nivel de criticidad establecido en la sección 6.8.1:

- **Componentes mecánicos:**
  - Inspección dimensional (tolerancias, ajustes) mediante instrumentos de metrología.
  - Ensayos no destructivos: líquidos penetrantes (PT), partículas magnéticas (MT), ultrasonido (UT), según el tipo de material y unión.
  - Verificación de torque en uniones críticas.
  - Balanceo dinámico en componentes rotativos.
  - Pruebas de estanqueidad en sistemas oleohidráulicos.
- **Componentes eléctricos:**
  - Medición de resistencia de aislación (megado).
  - Medición de resistencia de bobinado.
  - Pruebas de continuidad.
  - Pruebas de rigidez dieléctrica.
  - Pruebas funcionales bajo carga, cuando aplique.

Los ensayos deberán ser ejecutados por personal calificado del taller reparador, conforme a lo establecido en la sección 6.7.2, utilizando instrumentos calibrados según lo indicado en la sección 6.7.4. El Inspector QA/QC podrá presenciar la ejecución de estos ensayos o ejecutar mediciones propias de verificación, conforme a lo establecido en la sección 6.8.2.

Los resultados de cada ensayo deberán quedar registrados en el dossier de reparación del componente, indicando el tipo de ensayo, el instrumento utilizado, el resultado obtenido y el responsable de su ejecución. Para el caso de las mediciones o inspecciones realizadas por el Inspector QA/QC, estas también deben quedar registradas en documento formal y firmado de acuerdo con lo que se establece en sección 6.11.

6.8.4. Criterios técnicos de aceptación

Los criterios técnicos de aceptación aplicables a cada ensayo o inspección se determinarán en base a las especificaciones técnicas del fabricante del componente,

cuando estén disponibles, o en su defecto, conforme a la norma técnica aplicable al tipo de ensayo ejecutado.

Los criterios de aceptación aplicables a cada componente deberán quedar definidos y documentados previo al inicio de la reparación, formando parte del alcance de la reparación.

Un resultado que no cumpla con el criterio de aceptación definido para el ensayo correspondiente debe ser registrado como una desviación, tratada conforme a los criterios de clasificación establecidos en la sección 6.10. Para toda desviación o hallazgo, se deberá coordinar una visita posterior que permita verificar las medidas correctivas aplicadas.

En caso de no contar con la especificación del fabricante o norma técnica aplicable, el taller reparador deberá presentar un criterio de aceptación que debe ser aceptado por el Ingeniero de Reparables, en base a criterio técnico y a la condición funcional requerida.

6.8.5. Liberación Técnica

La Liberación Técnica es el hito final en el que el Inspector QA/QC autoriza la entrega del componente reparado por parte del proveedor, una vez verificado el cumplimiento de la totalidad de los requisitos aplicables conforme a las secciones 6.8.1 a 6.8.4 del estándar.

Para la emisión de la Liberación Técnica, el Inspector QA/QC deberá verificar:

- La aplicación de los Hold Points establecidos según el nivel de criticidad del componente (sección 6.8.1).
- La conformidad de los resultados de los ensayos e inspecciones ejecutados (sección 6.8.3) respecto de los criterios técnicos de aceptación aplicables (sección 6.8.4).
- El cierre de toda desviación o No Conformidad detectada durante el proceso de reparación, conforme a lo establecido en la sección 6.10.
- La completitud de la documentación técnica del componente reparado (dossier de reparación).

La Liberación Técnica deberá formalizarse mediante formulario de recepción firmado por el Inspector QA/QC, el cual deberá quedar incorporado como parte de la documentación del componente conforme a lo establecido en la sección 6.11.

Un componente reparado no podrá ser entregado por el proveedor sin contar con su Liberación Técnica, cuando esta sea exigible conforme al nivel de criticidad establecido en la sección 6.8.1.

6.9. Evaluación del Desempeño

Con el objetivo de evaluar la efectividad del estándar, se establecen los siguientes indicadores de desempeño aplicables al proceso de reparación de componentes, a la base de proveedores y a la condición de los componentes reparados en operación:

Indicadores de calidad del proceso de reparación:

- Tasa de No Conformidades: N° de NC detectadas / N° de reparaciones ejecutadas en el período.
- Tasa de rechazo en Hold Points: N° de Hold Points no superados / N° de Hold Points aplicados.
- Tiempo de ciclo de reparación: tiempo promedio desde la solicitud de reparación hasta la recepción del componente en bodega.

Indicadores de desempeño de proveedores:

- Cumplimiento de inspecciones
- Distribución de talleres calificados por categoría, conforme a la clasificación establecida en el numeral 6.7.1.
- Tasa de reincidencia de No Conformidades por taller.

Indicador de desempeño del componente reparado:

- Tasa de falla prematura: N° de componentes que fallan antes de cumplir su vida útil esperada tras la reparación / N° total de componentes reparados en el período.

El seguimiento de estos indicadores se ejecutará de forma periódica por la Superintendencia de Planificación del Mantenimiento, con el apoyo del área de Confiabilidad, y sus resultados deberán ser considerados como antecedente para la actualización de los criterios técnicos de aceptación, de los requisitos de calificación de talleres y de mejora de procedimientos para las reparaciones del área.

6.10. Gestión de No Conformidades

Toda desviación detectada durante cualquier etapa del proceso de reparación, ya sea durante la ejecución, inspecciones, auditorías, revisión documental, recepción técnica

o fallas posreparación deberá registrarse como una No Conformidad (NC), con el propósito de asegurar su tratamiento oportuno y prevenir recurrencias.

Las No Conformidades deberán clasificarse según su impacto sobre la calidad de la reparación y el riesgo para la operación, en la Tabla 5 presenta clasificación y acciones según corresponda.

Tabla 5. Clasificación de No Conformidades según su criticidad.

Clasificación	**Descripción**	**Acción**
Crítica	Compromete la seguridad, integridad o funcionamiento del componente. Impide su liberación.	Detención inmediata de reparación, aplicación análisis de causa raíz, aprobación de acciones correctivas y ejecución de una nueva inspección para continuar con proceso.
Mayor	Incumplimiento relevante respecto de los requisitos técnicos o documentales del estándar.	Detención inmediata de la reparación, aplicar medidas correctivas, verificación y registro de la evidencia correspondiente.
Menor	Desviación puntual que no afecta la funcionalidad del componente, pero requiere corrección.	Registro de desviación y envío de evidencia para el cierre.
Observación	Oportunidad de mejora que no constituye incumplimiento.	Registro de la observación y evaluación de acciones de mejora.

La clasificación de las no conformidades será realizada por el Inspector QA/QC en conjunto con el Ingeniero de Reparables, considerando la evidencia objetiva, impacto de la desviación y el riesgo para la operación.

Una NC se considerará cerrada únicamente cuando se haya verificado la implementación y eficacia de las acciones correctivas, con evidencia objetiva que demuestre el cumplimiento de las acciones acordadas.

Toda NC deberá registrarse utilizando formato estándar del Anexo 2, el que considera como mínimo:

- Identificación del componente
- Equipo al que pertenece
- Orden de compra del proceso
- Clasificación de la No Conformidad
- Descripción del hallazgo
- Evidencia objetiva
- Requisito incumplido
- Responsable
- Acción(es) correctiva(s)
- Plazo comprometido

Las acciones correctivas implementadas deberán ser verificadas antes del cierre de la No Conformidad. Cuando corresponda, los resultados obtenidos deberán incorporarse como lecciones aprendidas y utilizarse para actualizar procedimientos, criterios técnicos o requisitos del presente estándar.

Las tendencias observadas en las No Conformidades deberán ser revisadas de forma periódica como parte de la evaluación del desempeño de los talleres reparadores.

6.11. Gestión documental y trazabilidad

Toda la documentación relacionada a los procesos de reparación debe gestionarse en formato digital y debe ser enviada a través de correo electrónico corporativo. Además, debe ser almacenada en los sistemas de información de la compañía, considerando al menos el disco compartido corporativo y SAP.

La documentación almacenada deberá permitir identificar de forma clara el proceso y componente en cuestión, haciendo referencia de forma explícita a la orden de compra. La ruta del disco donde debe ser guardada la información es la siguiente:

\\ams.gmams.cl\cenvmdfs\Gerencia_Mantencion_Centinela\SI_Planificacion_Planta_Catodos\02 REPARABLES

Cada proveedor tendrá una carpeta con su nombre, y dentro de ella se deberá crear una carpeta por cada proceso, haciendo referencia al número de solicitud de pedido (Solped) de SAP y al componente correspondiente. La documentación que se debe almacenar en esta carpeta, como mínimo, debe ser:

- Informe de evaluación técnica.
- Registros de validación de los Hold Points aplicados.
- Registro de Liberación Técnica.
- Registro de No Conformidades, cuando corresponda.
- Dossier de reparación, documento que consolida de forma sintética la información contenida en los registros individuales señalados anteriormente, incluyendo, además:
    - Informe de evaluación.
    - Registro de Hold Points aplicados y Liberación Técnica.
    - Resultados de ensayos e inspecciones ejecutados, tanto los realizados por el proveedor como los del Inspector QA/QC.
    - Documentos de control de calidad aplicados por el taller.
    - Certificados de materias primas.

La ausencia o incompletitud del dossier de reparación de un componente corresponde a una desviación sujeta al tratamiento de No Conformidades establecido en la sección 6.10.

7. Propuesta de Implementación

En este capítulo se presenta la propuesta de implementación del estándar desarrollado. Para esto, se relacionan las brechas identificadas en el diagnóstico con los elementos del estándar, se define un plan de trabajo para su implementación y establecen los responsables de cada etapa.

7.1. Relación entre brechas y estándar propuesto

La Tabla 6 relaciona cada dimensión del diagnóstico con los elementos del estándar desarrollados en el capítulo 6.

Tabla 6. Relación entre brechas del diagnóstico y elementos del estándar.

Dimensión	Brecha identificada	Elemento del estándar
Gobernanza y alcance	Aplicación no sistemática de responsabilidades en recepción, devolución y liberación; verificación técnica delegada en los talleres	Roles y matriz RACI (6.6) Liberación Técnica por Inspector QA/QC (6.8.5)
Planificación de reparación	La criticidad no se traduce en planes de control diferenciados	Nivel de inspección según criticidad (6.8.1, Tabla 4) Hold Points (6.8.2)
Gestión de proveedores	Ausencia de un programa formal de auditorías a talleres	Evaluación técnica y clasificación (6.7.1) Auditorías de seguimiento (6.7.5)
Ejecución de reparación	Estándares documentales y técnicos variables entre proveedores	Procedimientos de trabajo (6.7.3) Dossier de reparación mínimo (6.11)
Control de calidad	Sin criterios formales de inspección ni de aceptación y rechazo	Plan de inspecciones (6.8.1); ensayos (6.8.3); criterios de aceptación (6.8.4)
Trazabilidad y control documental	Historial por componente o número de serie difícil de consolidar	Gestión documental por proveedor y Solped (6.11)
Desempeño y mejora	Medición de desempeño limitada; falta de lecciones aprendidas y de retroalimentación a contratos	Indicadores (6.9); Gestión de No Conformidades y lecciones aprendidas (6.10)

7.2. Plan de Implementación

La implementación del estándar se propone en cuatro fases planificadas durante 12 meses, como se presenta en la Figura 10.

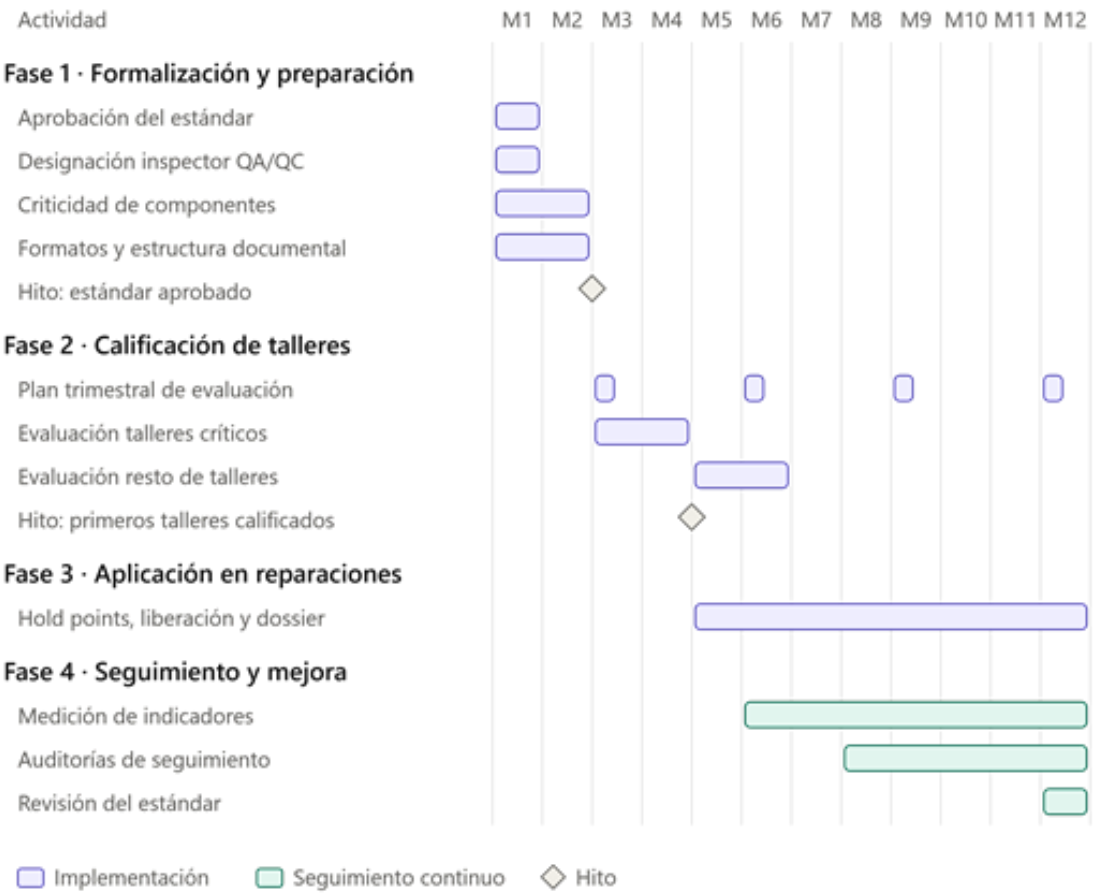


Figura 10. Fases de implementación del estándar QA/QC

Las fases son formalización y preparación, calificación de talleres, aplicación en reparaciones y seguimiento y mejora. La aplicación en reparaciones depende de la calificación previa de los talleres, ya que solo talleres calificados pueden ejecutar reparaciones bajo el estándar (sección 6.6).

7.3. Responsables

La matriz RACI de la sección 6.6 define las responsabilidades de cada reparación una vez que el estándar está en operación. Esta sección asigna quién conduce cada fase de la implementación descrita en la Figura 10, como se presenta en la Tabla 7.

Tabla 7. Responsables por fase de implementación.

Fase	Lidera	Participan
Formalización y preparación	Ingeniero de Reparables, como administrador del estándar (6.6)	Confiabilidad, en la revisión y aprobación conjunta del estándar, los criterios técnicos y los planes de inspección (6.6)
Calificación de talleres	Superintendencia de Planificación del Mantenimiento, responsable del plan trimestral de evaluación (6.7.1)	Inspector QA/QC, en la evaluación de talleres (Tabla 1)
Aplicación en reparaciones	Ingeniero de Reparables	Según la matriz RACI (Tabla 1)
Seguimiento y mejora	Superintendencia de Planificación del Mantenimiento, en el seguimiento de indicadores (6.9)	Confiabilidad, en el análisis de desempeño (6.9); Inspector QA/QC, en las auditorías de seguimiento (6.7.5)

A medida que la fase 3 entra en régimen, las responsabilidades de cada reparación pasan a regirse por la Tabla 1.

7.4. Cumplimiento de los Objetivos

La Tabla 8 resume el resultado obtenido para cada objetivo y la sección donde se desarrolla.

Tabla 8. Relación entre objetivos específicos y desarrollo del trabajo

Objetivo específico	Sección donde se aborda
Identificar brechas entre las prácticas actuales y los requisitos de normas aplicables como ISO 9001 e ISO 55001	4.4, 5.4 y Anexo 1
Establecer los requisitos mínimos de control y aseguramiento de calidad que deberán cumplir los talleres externos	6.7 y 6.8
Definir roles, responsabilidades y gobernanza del estándar QA/QC	6.6 y Tabla 1
Definir indicadores de desempeño asociados al proceso de reparación externo	6.9

8. Conclusiones

El diagnóstico mostró que el proceso de reparables existe y funciona, es decir, tiene roles definidos e informes durante el proceso. Lo que falta es control del mandante sobre la calidad. Gran parte de la verificación técnica queda en manos de los talleres y no de auditorías periódicas con criterios formales de inspección y aceptación. Por eso, hoy la calidad de una reparación depende principalmente del taller que la ejecuta.

ISO 9001 aportó al estándar los requisitos para controlar los servicios obtenidos externamente, que es la situación de las reparaciones en talleres. La gestión de activos, por su parte, permitió tratar la reparación como una decisión del ciclo de vida, con efecto en el costo y la confiabilidad del activo.

Distinguir entre aseguramiento y control de calidad permitió ordenar las exigencias según el momento en que se aplican. Antes de intervenir el componente, el estándar evalúa al taller mediante su calificación técnica, las competencias del personal, los procedimientos, los instrumentos calibrados y las auditorías. Durante y después de la reparación, verifica el componente mediante los Hold Points, los ensayos, los criterios de aceptación y la Liberación Técnica. El nivel de inspección se ajusta a la criticidad del componente, lo que permite concentrar el esfuerzo del Inspector QA/QC donde el riesgo es mayor; aplicar la misma exigencia a todas las reparaciones no sería sostenible con los recursos disponibles.

En consecuencia, el objetivo general se cumple, el estándar quedó diseñado y su implementación cuenta con fases, responsables e indicadores definidos. Lo que el trabajo no puede demostrar es si el estándar mejora la confiabilidad y la trazabilidad de las reparaciones. Esto dependerá de los resultados de los indicadores una vez implementado, en particular la tasa de falla prematura de componentes reparados.

8.1. Recomendaciones

A partir de lo anterior, se recomienda:

1. Implementar el estándar de acuerdo con el plan indicado capítulo 7, partiendo por la calificación de los talleres que reparan componentes de criticidad extrema.
2. Medir la línea base de los indicadores de la sección 6.9 antes de aplicar el estándar en las reparaciones para comparar el desempeño antes y después y fijar metas por indicador.

3. Complementar la gestión documental con un registro por componente o número de serie que reúna intervenciones, fallas, proveedor, costos y desempeño posterior, como base para decidir entre reparar o reemplazar.
4. Incluir los requisitos del estándar en las bases técnicas y contratos con los talleres, para darles respaldo contractual.
5. Una vez validado en la Planta Cátodos, evaluar su aplicación en otras áreas de mantenimiento de la compañía.

9. Bibliografía

[1] Banco Central de Chile, "*Boletín Estadístico*", Santiago, Chile, 2026.

[2] Comisión Chilena del Cobre (Cochilco), "*Informe de Tendencias del Mercado del Cobre Cuarto Trimestre 2025*", Santiago, Chile, 2025.

[3] J. D. Campbell, *et al.*, *Asset Management Excellence: Optimizing Equipment Life-Cycle Decisions*, 2da ed. Boca Raton, FL, EE.UU.: CRC Press, 2011.

[4] International Organization for Standardization, "*Gestión de activos — Aspectos generales, principios y terminología"*, ISO 55000:2014, 2014.

[5] R. Gulati, *Maintenance and Reliability Best Practices*, 2da ed. Nueva York, NY, EE.UU.: Industrial Press, 2013.

[6] J. M. Juran y J. A. DeFeo, *Juran's Quality Handbook: The Complete Guide to Performance Excellence*, 6ta ed. Nueva York, NY, EE.UU.: McGraw-Hill Education, 2010.

[7] Antofagasta Minerals, "*Sistema de Gestión de Mantenimiento AMSA"*, Documento Interno, 2025.

[8] C. Parra y A. Crespo, *Ingeniería de mantenimiento y fiabilidad aplicada en la gestión de activos: Desarrollo y aplicación de modelos de optimización*, Sevilla, España: INGEMAN, 2015.

[9] International Organization for Standardization, "*Sistemas de gestión de la calidad — Requisitos*," ISO 9001:2015, 2015.

[10] American Society for Quality (ASQ), "*Quality Assurance vs Quality Control*," [En línea]. Disponible en: https://asq.org/quality-resources/quality-assurance-vs-control. [Accedido: 21-mar-2026].

[11] International Organization for Standardization, "*Sistemas de gestión de la calidad — Fundamentos y vocabulario*," ISO 9000:2015, 2015.

[12] International Organization for Standardization, "*Directrices para la auditoría de los sistemas de gestión*," ISO 19011:2026, 2026.

[13] C. Parra y A. Crespo, "E.AMORMS: Asset Management, Operational Reliability and Maintenance Survey",

ANEXO 1

Check list – Evaluación inicial QA/QC

N°	Etapa del proceso	Referencia	Principio	Qué exige / enfoque normativo	Qué verificar en reparables	Pregunta de auditoría
1	Gobernanza y alcance	ISO 55000/55001	Contexto, alcance y alineamiento	Definir alcance, límites, partes interesadas y procesos incluidos en la gestión de activos.	Que el proceso de reparables esté formalmente definido dentro de mantenimiento/gestión de activos.	¿Está definido el proceso de reparables, sus límites, interfaces y responsables?
2	Gobernanza y alcance	ISO 55001	Liderazgo y responsabilidades	Asignar responsabilidades claras para asegurar el desempeño del sistema de gestión de activos.	Responsables por envío, evaluación, aprobación, inspección, recepción, liberación técnica y garantía.	¿Están definidos los responsables de cada etapa de reparación y liberación QA/QC?
3	Gobernanza y alcance	ISO 9001	5.3 Roles y responsabilidades	Definir autoridades para asegurar conformidad de servicios y reportar desempeño.	Autoridad para aceptar/rechazar reparaciones y detener trabajos no conformes.	¿Existe autoridad formal para rechazar o liberar componentes reparados?
4	Planificación de reparación	ISO 55001	6 Planificación	Planificar acciones considerando riesgos y oportunidades que afectan objetivos de activos.	Clasificación de criticidad del componente y nivel de control QA/QC asociado.	¿La criticidad del componente define el nivel de inspección, pruebas y aprobación?
5	Planificación de reparación	ISO 9001	8.2 Requisitos para productos y servicios	Determinar requisitos técnicos, legales, reglamentarios y de cliente antes de comprometer el servicio.	Alcance técnico de reparación definido antes de iniciar trabajos.	¿El alcance de reparación queda definido y aprobado antes de ejecutar el servicio?
6	Planificación de reparación	ISO 9001	8.1 Planificación operacional	Planificar, implementar y controlar procesos necesarios para cumplir requisitos.	Plan de calidad o de inspección por reparación crítica, con puntos de inspección y criterios de aceptación.	¿Las reparaciones críticas tienen plan de calidad antes de iniciar?
7	Planificación de reparación	ISO 9001 / ISO 10005	Plan de calidad	Definir controles, responsables, registros y criterios para demostrar conformidad.	Plan específico para componentes de alta criticidad o alto costo.	¿El proveedor entrega un plan de calidad proporcional a criticidad y alcance?
8	Gestión de proveedores	ISO 9001	8.4 Control de procesos, productos y servicios externos	Asegurar que servicios externos cumplen requisitos de la organización.	Evaluación técnica de talleres antes de asignar reparaciones críticas.	¿Los talleres están evaluados técnicamente para reparar cada familia de componente?
9	Gestión de proveedores	ISO 9001	8.4.1 Generalidades	Establecer criterios para evaluar, seleccionar, monitorear y reevaluar proveedores.	Criterios QA/QC, capacidad técnica, cumplimiento, garantías y fallas post reparación.	¿Existe reevaluación periódica del proveedor con foco en calidad de reparación?
10	Gestión de proveedores	ISO 9001	7.2 Competencia	Asegurar competencia del personal que afecta desempeño y conformidad.	Competencia de soldadores, bobinadores, mecánicos, inspectores END y metrología.	¿Se verifica competencia del personal que ejecuta e inspecciona reparaciones?
11	Gestión de proveedores	ISO 9001	7.1.5 Recursos de seguimiento y medición	Asegurar que los recursos de medición son adecuados, calibrados y trazables.	Instrumentos usados para dimensional, eléctrico, torque, vibración, balanceo y END.	¿La compañía mandande cuenta con recursos e instrumentos calibrados para realizar mediciones propias en las reparaciones ejecutadas por terceros?
12	Gestión de proveedores	ISO 9001	8.7 Control de salidas no conformes	Identificar y controlar salidas no conformes para evitar uso o entrega no intencionada.	Componentes, repuestos, soldaduras, ensayos o mediciones fuera de especificación.	¿Las no conformidades de reparación se registran y controlan formalmente?
13	Gestión de proveedores	ISO 9001	10.2 No conformidad y acción correctiva	Reaccionar ante NC, evaluar causas, implementar acciones y verificar eficacia.	Investigación de fallas post reparación, garantías y repetición de defectos por proveedor.	¿Las fallas post reparación generan análisis causal y acciones correctivas?
14	Ejecución de reparación	ISO 9001	8.5.1 Control de producción y provisión del servicio	Ejecutar servicios bajo condiciones controladas e instrucciones documentadas.	Desarme, limpieza e inspección inicial bajo procedimiento y registro.	¿En informes de evaluación se registra la condición recibida, causa probable y alcance recomendado?
15	Ejecución de reparación	ISO 55001	8 Operación	Controlar procesos operacionales asociados a activos de acuerdo con criterios definidos.	Registro de condición recibida para tomar decisión reparar, reemplazar o rechazar.	¿Evaluaciones iniciales permiten decidir técnicamente reparar o reemplazar?
16	Ejecución de reparación	ISO 9000/9001	Enfoque basado en evidencia	Usar datos y evidencia objetiva para sustentar decisiones de calidad.	Evidencia fotográfica, dimensional, eléctrica o END antes de intervenir.	¿Los alcances de reparaciones aprobados se sustentan en evidencia objetiva y no solo en juicio del proveedor?
17	Ejecución de reparación	ISO 9001	8.5.1 Control de producción y servicio	Controlar condiciones de servicio mediante información documentada.	Procedimientos de soldadura, mecanizado, armado, bobinado, vulcanizado o reparación específica.	¿La reparación se ejecuta con procedimientos aprobados y disponibles?
18	Ejecución de reparación	ISO 9001	8.5.4 Preservación	Preservar salidas durante producción y entrega para mantener conformidad.	Protección contra corrosión, golpes, contaminación, humedad, daño de rodamientos o bobinados.	¿componentes reparados se entregan con embalaje adecuado y en optimas condiciones para ser despachados y almacenados?
19	Ejecución de reparación	ISO 9001	8.5.2 Identificación y trazabilidad	Identificar salidas y conservar trazabilidad cuando sea requisito.	Trazabilidad del componente, serie, SAP, OT, repuestos críticos y materiales usados.	¿Se mantiene trazabilidad del componente y de repuestos/materiales críticos utilizados?
20	Control de calidad	ISO 9001	8.6 Liberación de productos y servicios	Verificar cumplimiento de requisitos antes de liberar producto/servicio.	Liberación técnica final del componente reparado antes de despacho o ingreso a stock.	¿Existe liberación técnica formal antes de aceptar el componente reparado?
21	Control de calidad	ISO 9001	8.6 Liberación / 8.5.1 Control	Verificar conformidad en etapas planificadas, no solo al final.	Puntos obligatorios: desarme, inspección inicial, END, mecanizado, armado, prueba final.	¿Se aplican puntos de detención en etapas críticas de la reparación?
22	Control de calidad	ISO 9001	8.6 Liberación	Liberar solo cuando se cumple lo planificado o existe aprobación autorizada.	Tolerancias dimensionales, balanceo, aislamiento, vibración, dureza, END, pruebas funcionales.	¿Los protocolos comparan resultados contra criterios de aceptación definidos?
23	Control de calidad	ISO 9001	7.1.5 / 8.6	Usar mediciones válidas para verificar conformidad del producto/servicio.	END, dimensional, balanceo, pruebas eléctricas, hidrostáticas o funcionales según componente.	¿Se aplican ensayos adecuados para identificación de fallas?
24	Control de calidad	ISO 9001	8.3/8.5 cuando aplique	Controlar cambios que puedan afectar conformidad.	Cambio de materiales, tolerancias, diseño, repuestos equivalentes o método de reparación.	¿Los cambios técnicos durante las reparaciones son aprobados antes de ejecutarse?
25	Control de calidad	ISO 9001	8.4.3 Información para proveedores externos	Comunicar requisitos, aprobaciones, competencias, controles, verificación y liberación al proveedor.	Bases técnicas con requisitos QA/QC, entregables, multas, garantías, registros y auditorías.	¿Los contratos o servicios utilizados exigen explícitamente controles de calidad y entregables documentales?
26	Trazabilidad y control documental	ISO 9001	7.5 Información documentada	Controlar información documentada requerida por el sistema y por la conformidad del servicio.	Dossier completo de reparación por componente.	¿Cada reparación crítica cuenta con dossier técnico completo y controlado?
27	Trazabilidad y control documental	ISO 55001	7.5 Información documentada	Disponer información adecuada para soportar gestión de activos y decisiones del ciclo de vida.	Registro histórico de reparaciones por SAP/serie, costo, proveedor, fecha, falla y resultado.	¿Existe historial trazable de reparaciones para análisis de ciclo de vida?
28	Trazabilidad y control documental	ISO 9001	8.5.3 Propiedad del cliente/proveedor externo	Cuidar propiedad perteneciente al cliente o proveedor mientras esté bajo control de la organización.	Componentes entregados a talleres, custodia, identificación, almacenamiento y pérdida/daño.	¿Los talleres controlan la custodia e identificación de los componentes recibidos?
29	Control de calidad	ISO 9001	8.5.4 Preservación / 8.6 Liberación	Preservar conformidad hasta entrega final y liberar contra requisitos.	Ingreso a bodega/stock solo con liberación técnica y preservación adecuada.	¿El componente ingresa a stock solo si cumple con los controles de calidad?
30	Trazabilidad y control documental	ISO 55001	Información y control operacional	Mantener información del estado de activos para controlar decisiones operacionales.	Estados: en evaluación, en reparación, listo QA/QC, rechazado, garantía, stock disponible.	¿Se puede revisar el estado físico y documental de los procesos en reparación de forma actualizada?
31	Desempeño y mejora	ISO 55001	9 Evaluación del desempeño	Evaluar desempeño del sistema de gestión de activos y logro de objetivos.	KPIs de reparables: plazo, calidad, rechazos, fallas post reparación, garantías, costo.	¿Se mide el desempeño del proceso de reparables y proveedores con KPIs ?
32	Desempeño y mejora	ISO 9001	9.1 Seguimiento y medición	Determinar qué medir, métodos, oportunidad y análisis de resultados.	Indicadores específicos de calidad de reparación y cumplimiento documental.	¿Se mide la calidad del proceso y no solo el plazo/costo de reparación?
33	Desempeño y mejora	ISO 55001	10 Mejora	Mejorar continuamente la conveniencia, adecuación y eficacia del sistema de gestión de activos.	Uso de lecciones aprendidas para actualizar pautas, contratos, especificaciones y estrategia.	¿Los hallazgos de reparaciones se usan para mejorar estándares y estrategias?
34	Desempeño y mejora	ISO 9001	9.2 Auditoría interna	Realizar auditorías a intervalos planificados para verificar conformidad y eficacia.	Auditorías a talleres y al proceso interno de gestión de reparables.	¿Existe programa de auditoría periódica al proceso y proveedores de reparación?

ANEXO 2

REPORTE DE NO CONFORMIDAD (NC)

Número Reporte:	**Fecha de Emisión:**
Clasificación NC:	

DESTINATARIO:	
EMISOR:	
ORDEN DE COMPRA:	
COMPONENTE:	
EQUIPO:	
DESCRIPCIÓN:	

A. DETALLE

1. DESCRIPCIÓN DEL HALLAZGO

2. REQUISITOS INCUMPLIDOS

3. IMPACTO

4. EVIDENCIA (FOTOGRAFÍAS, ENSAYOS, ETC)

B. DESCRIPCIÓN DE ACCIONES CORRECTIVAS

N°	Acción	Responsable	Fecha Compromiso	Fecha Cierre

C. FIRMAS

	Nombre	Cargo	Fecha	Firma
Emitido por:				
Revisado por:				
Aceptado por:				