

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	F-AC-DBL-007	30-09-2024	C
	Dependencia	Aprobado	Pág.	
DIVISIÓN DE BIBLIOTECA		SUBDIRECTOR ACADEMICO	1(79)	

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	Eliseo Ortega Nieves		
FACULTAD	Ingenierías		
PLAN DE ESTUDIOS	Ingeniería Mecánica		
DIRECTOR	Msc. Jhon Arévalo Toscano		
CODIRECTOR (si aplica)	No aplica		
TÍTULO DE LA TESIS	Desarrollo de un plan de actualización para los procedimientos, tareas y servicios de aplicación de recubrimientos en equipos Caterpillar de extracción minera y transporte de carbón en cerrejón Glencore.		
TITULO EN INGLES	Design and Implementation of an Update Plan for Procedures, Tasks, and Coating Application Services on Caterpillar Equipment Used in Mining Extraction and Coal Transportation at Cerrejón Glencore		
RESUMEN (70 palabras)			
Este proyecto plantea un plan de actualización para los procedimientos, tareas y servicios de aplicación de recubrimientos en equipos Caterpillar utilizados en la minería de carbón en Cerrejón Glencore. El estudio diagnostica el estado actual, diseña mejoras alineadas con normas y especificaciones técnicas, e incorpora la evaluación de la satisfacción del cliente. La propuesta fortalece la gestión del servicio, mejora la calidad técnica y asegura la sostenibilidad operativa en un entorno minero altamente exigente.			
RESUMEN EN INGLES			
This project proposes an update plan for procedures, tasks, and coating services applied to Caterpillar equipment used in coal mining at Cerrejón Glencore. The study diagnoses the current state, designs improvements aligned with technical standards and client specifications, and incorporates customer satisfaction evaluation. The proposal strengthens service management, enhances technical quality, and ensures operational sustainability in a highly demanding mining environment.			
PALABRAS CLAVES	Recubrimientos, Minería, Procedimientos, Calidad.		
PALABRAS CLAVES EN INGLES	Coatings, Mining, Procedures, Quality.		
CARACTERÍSTICAS			
PÁGINAS: 79	PLANOS:	ILUSTRACIONES: 9	CD-ROM:



SC-CER102673



Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552
 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88
 atencionalciudadano@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co

**Desarrollo de un plan de actualización para los procedimientos, tareas y servicios de
aplicación de recubrimientos en equipos Caterpillar de extracción minera y transporte de
carbón en cerrejón Glencore**

Eliseo Ortega Nieves

Facultad de Ingenierías, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña

Ingeniería Mecánica

MSc. Jhon Arévalo Toscano

21 de agosto 2025

Índice

Introducción	9
1. Desarrollo de un plan de actualización para los procedimientos, tareas y servicios de aplicación de recubrimientos en equipos Caterpillar de extracción minera y transporte de carbón en cerrejón Glencore	11
1.1. Descripción breve de la empresa	11
1.1.1. Misión	12
1.1.2. Visión	12
1.1.3. Objetivos de la empresa	13
1.1.4. Descripción de la estructura organizacional	13
1.1.5. Descripción de la dependencia y/o proyecto al que fue asignado	15
1.2. Diagnóstico inicial de la dependencia asignada.....	16
1.2.1. Planteamiento del problema.....	18
1.3. Objetivos de la pasantía	19
1.3.1. General.....	19
1.3.2. Específicos	19
1.4. Descripción de las actividades a desarrollar en la misma.....	20
2.Enfoques referenciales	22
2.1. Enfoque conceptual.....	22

2.1.1. Tipos de recubrimientos para equipos de extracción minera	22
2.1.1.1. Prime.....	22
2.1.1.2. Epoxi poliamida verde.....	22
2.1.1.3. Epoxi zinc primer 10055/10056/13267.....	24
2.1.2. Barrera.....	26
2.1.2.1. Interesal 670HS.....	26
2.1.3. Acabado.....	28
2.1.3.1. Interthane® 990.....	29
2.1.3.2. Esmalte Maquinaria Pesada Amarillo.....	30
2.1.4. Tipos de limpiezas.....	32
2.1.4.1. Limpieza con solvente.....	32
2.1.4.2. Limpieza con herramientas manuales.....	33
2.1.4.3. Limpieza con herramientas mecánicas	33
2.1.4.4. Limpieza con chorro abrasivo a metal casi blanco	33
2.2. Enfoque legal	34
2.2.1. Normas de seguridad y salud en el trabajo (ASST).....	34
2.2.1.1. Decreto 1072 anteriormente D- 614 de 1984.....	34
2.2.1.2. Resolución 2851 de 2023.....	35
2.2.2. Normas ambientales.....	35
2.2.2.1. Ley 99 de 1993.....	35

2.2.2.2. Resolución 0689 de 2018.....	35
2.2.3. Normativas de sustancias químicas	36
2.2.3.1. Ley 55 de 1993.....	36
2.2.3.2. Decreto 1973 de 1995.....	36
2.2.4. Normativas internacionales.....	36
2.2.4.1. Norma ISO 9001:2015.....	36
2.2.4.2. Norma ISO 14001:2015.....	36
3.Informe de cumplimiento de trabajo.....	38
3.1. Presentación de resultados	38
3.1.1. Procedimientos y practicas actuales identificadas	38
3.1.1.1. Actividad 1. Investigación de avances tecnológicos en materiales de recubrimiento.	46
3.1.1.2. Actividad 2, Identificar brechas y oportunidades de mejora.....	49
3.1.2. Plan de mejoras como garantía de calidad del proceso.....	53
3.1.2.1. Actividad 1. Revisión especificaciones técnicas.....	53
3.1.2.2. Actividad 2. Analizar plan de calidad existente.	56
3.1.2.3. Actividad 3. Verificación de procesos.....	57
3.1.3. Evaluación de la satisfacción del cliente	63
3.1.3.1. Actividad 1. Aplicación encuesta satisfacción del cliente.	63
3.1.3.2. Actividad 2. Análisis datos obtenidos.	64

3.1.3.3. Actividad 3. Informe de resultados	66
4. Diagnóstico final	69
4.1. Estado actual de los procedimientos	69
4.1.1. Brechas tecnológicas y de materiales	69
4.1.2. Desconexión operativa entre especificación y práctica	70
4.1.3. Hallazgos sobre la participación del personal operativo.....	71
4.1.4. Percepción del cliente y oportunidades de mejora.....	71
5.Conclusiones	73
6.Recomendaciones	74
Referencias.....	75

Lista de figuras

Figura 1. Estructura organizacional del grupo empresarial EPROQMECÁNICA S.A.S.....	14
Figura 2. Documentación fotográfica de la capa de prime epoxi poliamida verde	23
Figura 3. Documentación fotográfica de la capa de prime Epoxi Zinc	25
Figura 4. Documentación fotográfica de la capa de barrera interesal 670.....	27
Figura 5. Documentación fotográfica de la capa de acabado Interhane 990	29
Figura 6. Documentación fotográfica de la capa de acabado Esmalte Maquinaria Pesada Amarillo	31
Figura 7. Resultado de la encuesta a trabajadores - Evaluación de procedimientos de recubrimiento	52
Figura 8. Documentación fotográfica, medición de las condiciones ambientales a ferro tanque 1245-015	60
Figura 9. Documentación fotográfica, medición del espesor de película seca a ferro tanque 1245-015.....	61

Lista de tablas

Tabla 1. Matriz DOFA	17
Tabla 2. Descripción de las actividades según los objetivos planteados	20
Tabla 3. Recolección de información documental, observación directa en campo.	43
Tabla 4. Entrevistas y encuestas al personal	44
Tabla 5. Análisis de brechas (benchmarking vs estándares)	46
Tabla 6. Clasificación de tecnologías de recubrimiento	47
Tabla 7. Análisis técnico comparativo	49
Tabla 8. Rol, funciones y número de personas sugeridos para los procesos.....	50
Tabla 9. Formato de encuesta para trabajadores	51
Tabla 10. Principales hallazgos	53
Tabla 11. Matriz de requisitos técnicos del cliente - Cerrejon Glencore	55
Tabla 12. Matriz realizada- Plan de calidad VS Requisitos del cliente	57
Tabla 13. Matriz de verificación - Alineación de procesos con requisitos del cliente	59
Tabla 14. Encuesta de satisfacción del cliente	63
Tabla 15. Informe de Resultados – Encuesta de Satisfacción del Cliente.	65
Tabla 16. Plantilla de registro de entrevistas - seguimiento de satisfacción del cliente	66

Resumen

El presente proyecto tiene como finalidad desarrollar un plan de actualización para los procedimientos, tareas y servicios de aplicación de recubrimientos en equipos Caterpillar utilizados en las operaciones de extracción minera y transporte de carbón en Cerrejón Glencore. La necesidad de esta actualización responde a los constantes desafíos técnicos y operativos del entorno minero, así como al compromiso de mejorar la eficiencia, durabilidad y calidad del servicio ofrecido.

El plan se estructura en tres objetivos específicos. El primero busca diagnosticar el estado actual de los procedimientos de recubrimiento, identificando brechas y oportunidades de mejora con base en estándares normativos y necesidades operativas. El segundo objetivo está orientado a diseñar un plan estructurado de mejoras, asegurando el cumplimiento de las especificaciones técnicas del cliente y la calidad de los procesos. Finalmente, el tercer objetivo se enfoca en implementar herramientas de evaluación de la satisfacción del cliente, con el fin de verificar la aceptación del servicio y fomentar la mejora continua.

Cada objetivo incluye una serie de actividades organizadas de manera progresiva, que incluyen investigación documental, análisis comparativo, verificación técnica en campo, recolección de percepciones del personal operativo, y retroalimentación directa de los clientes. Los resultados de este plan permitirán fortalecer la gestión del servicio, incrementar la calidad técnica, y consolidar un sistema de trabajo alineado con las exigencias del sector minero y del cliente Cerrejón Glencore.

Introducción

La industria minera presenta condiciones operativas extremas que requieren altos niveles de confiabilidad, resistencia y durabilidad en los equipos utilizados. En este contexto, los recubrimientos aplicados a los equipos Caterpillar juegan un papel crucial en la protección contra la abrasión, la corrosión y el desgaste, prolongando la vida útil de los componentes y asegurando un rendimiento operativo constante. No obstante, los procedimientos y tareas asociadas a la aplicación de estos recubrimientos deben actualizarse periódicamente para incorporar nuevas tecnologías, adaptarse a cambios normativos y responder con mayor precisión a las exigencias del cliente y del entorno operativo.

El presente plan de trabajo tiene como propósito diseñar y estructurar una propuesta de actualización técnica y operativa de los procedimientos de aplicación de recubrimientos en los equipos Caterpillar utilizados por Cerrejón Glencore, una de las principales compañías mineras de carbón en Colombia. Esta actualización se plantea como una estrategia integral que involucra tanto el diagnóstico del estado actual, como la incorporación de avances tecnológicos, la revisión de las especificaciones técnicas del cliente, la verificación en campo de los procesos ejecutados y la inclusión de los trabajadores y clientes en el proceso de mejora continua.

El plan contempla tres objetivos específicos claramente definidos, los cuales se desarrollan a través de actividades detalladas y secuenciales que permitirán establecer un enfoque sistemático de mejora. Con esta iniciativa, se busca no solo elevar los estándares de calidad del servicio prestado, sino también garantizar la alineación con las expectativas del

cliente, la optimización de los recursos operativos y la sostenibilidad técnica del proceso en el tiempo.

1. Desarrollo de un plan de actualización para los procedimientos, tareas y servicios de aplicación de recubrimientos en equipos Caterpillar de extracción minera y transporte de carbón en cerrejón Glencore

1.1. Descripción breve de la empresa

EPROQMECÁNICA S.A.S. es una empresa en Colombia, con sede principal en Baranoa, Atlántico calle 110 # 43-447 bodega 3. Opera en Servicios de Ingeniería, la empresa fue fundada el 31 de julio de 1989 para iniciar los proyectos visualizados por su fundador, el Ingeniero Metalúrgico JOSE EDUARDO VANEGAS CACERES, actualmente emplea a 257 (2023) personas. EPROQMECÁNICA S.A.S. es una empresa de Ingeniería de origen familiar, con 25 años de trayectoria en el sector minero. Brindamos soluciones en procesos de pintura, metalistería, soldadura y Sandblasting. Además de un amplio portafolio de servicios para el mantenimiento de vías Férreas, Cerrejón Glencore. y Drummond Ltd. han sido nuestros principales clientes.

Gracias a la calidad técnica de nuestra mano de obra, personal administrativo y operativo el cual está altamente calificado y de disponibilidad inmediata, EPROQMECÁNICA S.A.S. se ha consolidado en éstos 34 años, ya que se ha esmerado por prestar un excelente servicio a la comunidad Guajira a través de importantes proyectos ejecutados en el Complejo Carbonífero El Cerrejón, Zona Norte y Puerto Bolívar, adquiriendo gradualmente una excelente imagen en la región.

Somos una empresa dedicada a la industria desde 1989, creada con el fin de poner al servicio del país la más alta experiencia en procesos de ingeniería. EPROQMECÁNICA S.A.S. se ha consolidado como una de las empresas de mayor influencia en la región caribe, es una compañía de puertas al mundo, al conocimiento al desarrollo de sus trabajadores, a la tecnificación y la eficiencia.

1.1.1. Misión

Somos una empresa decidida a consolidarnos como líderes en el mantenimiento a equipos mineros y equipos de soporte a la minería; teniendo como principio fundamental la calidad, la seguridad, la protección al medio ambiente y la honestidad en nuestras operaciones, apoyados en la formación integral de nuestros colaboradores y la tecnificación y modernización de los procesos. Nuestro objetivo fundamental es cooperar con el desarrollo de la industria minera.

1.1.2. Visión

EPROQMECÁNICA S.A.S. visiona en consolidarse en la región caribe y en todo el país como una compañía eficiente en la ejecución de procesos de apoyo a la minería, que contara con personal altamente calificado y con una gran experiencia en la ejecución de estos procesos, con excelentes resultados en la rentabilidad del negocio y en la potencialización de nuestro capital humano.

1.1.3. Objetivos de la empresa

- Garantizar que el cliente esté satisfecho con los servicios que cumplan con las especificaciones técnicas del trabajo realizado.
- Garantizar y vigilar el adecuado estado mecánico de los vehículos apoyándose en programas de mantenimiento preventivo y correctivo.
- Cumplir el 100% de los requisitos legales y de otra índole aplicables a la empresa.
- Identificar y cumplir de manera permanente los requisitos legales en cuanto a seguridad vial aplicables a la empresa y los definidos por los clientes.
- Reducir la accidentalidad general en la ejecución de las tareas operacionales.
- Prevenir y controlar todo tipo de contaminación, minimizando la generación de residuos, afluentes y emisiones con programas de capacitación ambiental a los empleados.
- Mantener cero enfermedades laborales a través de los programas de vigilancia epidemiológica.
- Prevenir la ocurrencia de eventos ambientales con la implementación del plan de manejo ambiental de la empresa.

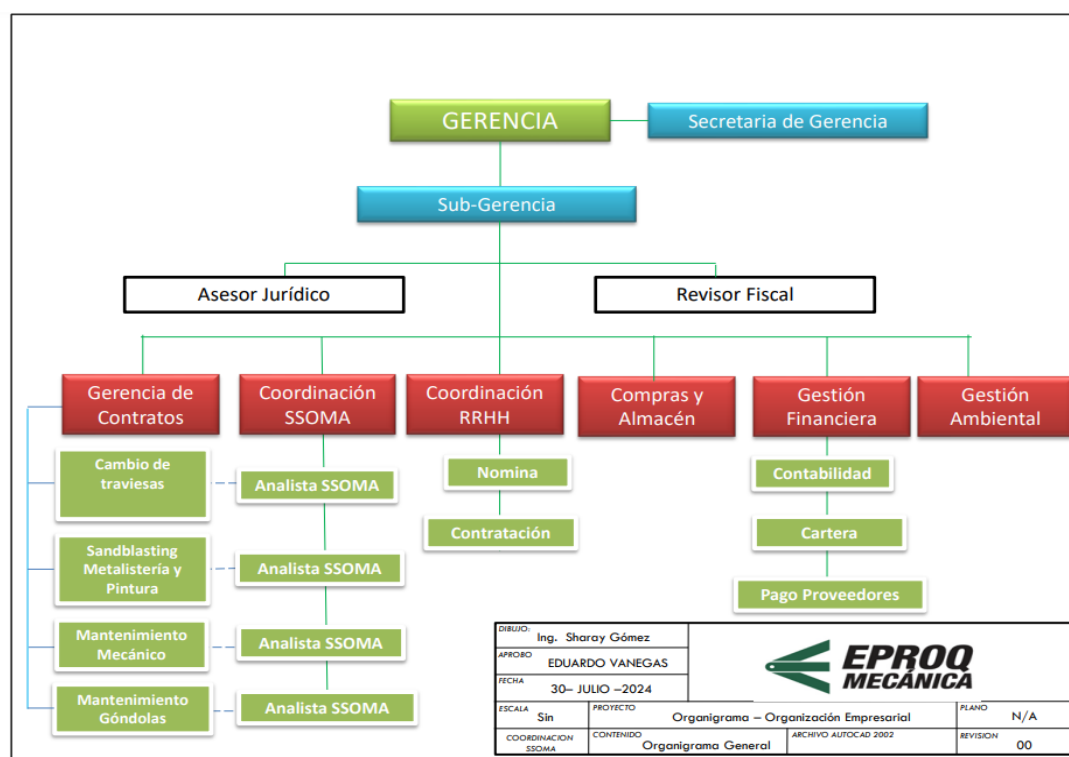
1.1.4. Descripción de la estructura organizacional

De acuerdo con lo señalado, la organización de EPROQ MECÁNICA S.A.S se dibuja con una Gerencia principal arriba, la cual se apoya en una Secretaría, y de ahí las cosas bajan a una Sub-Gerencia que funciona como el eje que conecta todo el funcionamiento de la empresa, por ello, desde este punto se mira de cerca tanto a los asesores que vienen de afuera, como el Asesor Jurídico y el Revisor Fiscal, como también a las seis áreas que son el motor de la compañía.

Por un lado está la Gerencia de Contratos, que es la que hace los proyectos técnicos más puntuales, también se encuentra la Coordinación SSOMA, que anda pendiente de la seguridad en cada rincón de la operación, de ahí que la Coordinación de RRHH se ocupe de toda la gente, manejando la nómina y a quién se contrata, a causa de esto, el área de Compras y Almacén es necesaria para controlar los materiales, puesto que la Gestión Financiera es la que lleva los números, lo que deben y lo que se paga, y finalmente, está la Gestión Ambiental, la cual cuida que todo lo que se haga sea de manera sostenible.

Figura 1.

Estructura organizacional del grupo empresarial EPROQMECÁNICA S.A.S.



Nota: Este gráfico pertenece a la estructura organizacional de EPROQMECÁNICA S.A.S

Tomado de BROCHURE EPROQMECÁNICA S.A.S.

1.1.5. Descripción de la dependencia y/o proyecto al que fue asignado

El contrato metalistería, Sandblasting, limpieza mecánica y aplicación de pintura a equipos mineros 2062 2017 - 3 tiene como objetivo principal planificar, desarrollar y controlar la ejecución de aplicación de recubrimiento o pintura a los equipos mineros y transporte de carbón con los más altos estándares de calidad, seguridad, medio ambiente y la honestidad en nuestras operaciones.

Su labor clave es garantizar el cumplimiento de los requisitos contractuales, optimizar los procesos y aumentar la satisfacción del cliente. En el periodo del contrato, se identifican riesgos en las labores asignadas, los cuales son controlados por la organización con el grupo de salud, seguridad, medio ambiente, calidad (HSEQ) y supervisores. Las propuestas iniciales se adaptan a los requisitos del cliente y se formalizan a través de estatutos y reuniones de partes interesadas. Adicionalmente, se desarrolla un presupuesto detallado en base a visitas técnicas y especificaciones proporcionadas por el cliente, asegurando una comunicación efectiva con los responsables de ejecución y control.

Durante la ejecución del contrato, la empresa sigue los planes establecidos y asegura la disponibilidad de equipos, materiales y personal necesario para garantizar cronogramas y condiciones controladas en términos de economía, calidad, seguridad y medio ambiente. Tomar acciones para reducir riesgos y explotar oportunidades, e implementar procedimientos operativos. Durante la fase de supervisión y seguimiento se verifica la efectividad de las acciones implementadas, y se evalúa la satisfacción del cliente a través de encuestas.

El Practicante de ingeniería mecánica desempeña un papel importante en esta área, donde su principal responsabilidad es el Plan de actualización para los procedimientos, tareas y servicios prestados en la aplicación de recubrimiento a equipos Caterpillar de extracción minera a cielo abierto y transporte de carbón, bajo los lineamientos de las normas vigentes. Este contrato tiene como propósito asegurar el cumplimiento de los requisitos de calidad, seguridad, protección al medio ambiente y la honestidad en nuestras operaciones, establecidos por E PROQ MECANICA S.A.S.

Para lograrlo, se asume la responsabilidad de planificar, e implementar procedimientos operativos ya actualizados. El practicante concurre en la actualización de los procedimientos, supervisión y mejora continua, observando que los equipos estén en óptimas condiciones, elaborando informes de gestión y proponiendo mejoras basadas en los resultados obtenidos, siempre con la finalidad de satisfacer las expectativas de calidad de CERREJON GLENCORE y así consolidar el estatus de E PROQ MECANICA como líder en el sector de metalistería, Sandblasting, limpieza y aplicación de pintura a equipos mineros.

1.2. Diagnóstico inicial de la dependencia asignada

A fin de comprender la dinámica operativa y el potencial de optimización de la dependencia asignada, se ha ejecutado un diagnóstico inicial del área de Sandblasting y Pintura, puesto que representa una etapa crítica dentro de la cadena de valor de E PROQ MECÁNICA S.A.S por su incidencia directa en la conformidad y entrega final de los componentes mecánicos,

de este modo, el método seleccionado para dicho análisis estratégico es la matriz DOFA, con la cual se efectúa una disección estructurada de la situación actual del departamento.

En función de esta matriz, se exploran con rigurosidad los factores internos, contrastando las Fortalezas, como lo es la disponibilidad de maquinaria certificada y personal con alto grado de compromiso, con las Debilidades que impactan negativamente el rendimiento, como la insuficiencia de personal y la baja eficiencia en la adquisición de insumos, por otro lado, se evalúa el entorno externo para la identificación de Oportunidades que pueden ser capitalizadas, como la asimilación de nuevas tecnologías y la captación de talento humano cualificado, y para la prevención de Amenazas que ponen en riesgo la estabilidad operativa del área, como la presión ejercida por la competencia y la dependencia de proveedores puntuales.

Tabla 1.

Matriz DOFA

MATRIZ DOFA DEL AREA DE SANDBLSTING Y PINTURA DE E PROQ MECÁNICA S.A.S	
DEBILIDADES (D)	OPORTUNIDADES(O)
➤ No se cuenta con los trabajadores suficiente para desempeñar la labor requerida. Esto limita la entrega a tiempo de los componentes o equipos mecánicos. ➤ No se cuenta con una buena adquisición de los insumos para los procesos de trabajos. Esto implica pérdida de tiempo y baja producción. ➤ Falta de herramientas ofimáticas, lo cual impide que la empresa rinda al máximo, generando un bajo desempeño.	➤ La contratación del personal capacitado fortalece y ayuda a agilizar con los procesos, rotar al personal de trabajo y capacitarlos es de suma importancia ya que se obtiene una buena competitividad y un mejor desempeño en el trabajo. Gestionar a tiempo los insumos, modificar el proceso de requisición, ➤ La capacidad de cumplir con altos estándares de calidad en tiempos reducidos genera confianza en los clientes ➤ Implementar una actualización en las herramientas ofimáticas utilizadas por la empresa. Al integrar herramientas modernas y eficientes, como software de productividad colaborativa, gestión de documentos y automatización de tareas, se puede mejorar significativamente la eficiencia administrativa y operativa

Continuación tabla 1...

FORTALEZAS (F)	AMENAZAS (A)
➤ La empresa cuenta con maquinaria y equipos certificados, esenciales para asegurar la calidad y la seguridad en los procesos de Sandblasting y pintura. ➤ Estos recursos permiten ejecutar las actividades de mantenimiento con precisión, cumpliendo los requerimientos técnicos y normativos. ➤ E PROQ MECANICA dispone de personal altamente capacitado y comprometido con la excelencia operativa, así como proveedores calificados que garantizan y suministro de materiales y servicios conforme a los requisitos establecidos por el cliente principal Cerrejón Glencore. Esto asegura la ejecución efectiva de los servicios.	➤ La competencia constante de las empresas que ofrecen precios más bajos puede experimentar márgenes de disminución de ganancias, y puede verse afectada la economía de la empresa. Sin embargo, esto a menudo conlleva el riesgo de una disminución de la calidad, lo que afecta la percepción general del contrato. ➤ La dependencia excesiva de personal altamente capacitado y proveedores específicos podría generar vulnerabilidad ante imprevistos como rotaciones de personal clave o cambios en las relaciones con proveedores. Si alguno de estos factores se ven afectados, podría interrumpir la continuidad operativa o generar retrasos en la entrega de materiales y servicios.

Nota: Este grafico corresponde a la matriz DOFA de E PROQ MECÁNICA S.A.S.

1.2.1. Planteamiento del problema

La minería de carbón en Cerrejón, ubicada en la Guajira (Colombia), es una de las mayores minas de carbón a cielo abierto del mundo. Aunque esta actividad genera grandes ingresos económicos y empleos en la región, también conlleva serios impactos ambientales y sociales. La extracción de carbón afecta negativamente la biodiversidad local, destruyendo ecosistemas sensibles, alterando fuentes hídricas y generando contaminación del aire y el agua. Además, la minería a gran escala ha provocado el desplazamiento de comunidades indígenas y campesinas, aumentando los conflictos sociales y generando tensiones sobre el uso del territorio y los derechos de las poblaciones afectadas.

En la minería a cielo abierto de Cerrejón, las actividades de Sandblasting como lo son chorro de arena (Limpieza con chorro abrasivo a metal casi blanco, SSPC-SP 10/NACE No. 2),

pintura y limpieza mecánica son esenciales para el mantenimiento de equipos mineros Caterpillar y e infraestructuras, así como para la protección contra la corrosión, trabajo que realiza la empresa E PROQ MECANICA S.A.S.

Sin embargo, estos trabajos generan importantes problemas ambientales y de salud según la (organización internacional de normalización, 2015). El uso de Sandblasting, por ejemplo, puede liberar partículas finas de sílice al aire, lo que aumenta el riesgo de enfermedades respiratorias entre los trabajadores y las comunidades cercanas. Además, los productos químicos utilizados en la pintura basándonos en la tesis (Elaboración del manual de gestión ambiental para una empresa que elabora y comercializa pinturas, 2006) y limpieza mecánica pueden contaminar el suelo y las fuentes hídricas locales si no son manejados adecuadamente.

1.3. Objetivos de la pasantía

1.3.1. General

Desarrollar un plan de actualización para los procedimientos, tareas y servicios de aplicación de recubrimientos en equipos Caterpillar de extracción minera y transporte de carbón en cerrejón Glencore.

1.3.2. Específicos

Investigar los procedimientos y practicas actuales de aplicación de recubrimientos, identificando brechas y oportunidades de mejoras de acuerdo con los estándares normativos y las necesidades operativas.

Diseñar un plan estructurado que integre mejoras en los procedimientos y tareas, asegurando el cumplimiento de las especificaciones técnicas y garantizando la calidad del proceso.

Implementar herramientas y metodologías de evaluación de la satisfacción del cliente, para verificar la aceptación del servicio y promover la mejora continua.

1.4. Descripción de las actividades a desarrollar en la misma

En función del diagnóstico precedente, en esta parte se detalla el plan de acción diseñado con el fin de abordar las áreas de oportunidad que fueron identificadas, de ahí que el objetivo general consiste en desarrollar y ejecutar una actualización integral de los procedimientos, las tareas y los servicios vinculados con la aplicación de recubrimientos en los equipos de extracción minera de marca Caterpillar para el cliente Cerrejón Glencore.

Tabla 2.

Descripción de las actividades según los objetivos planteados

Objetivo general	Objetivos específicos	Actividades para desarrollar en la empresa
Desarrollar un plan de actualización para los procedimientos, tareas y servicios de aplicación de recubrimientos en equipos Caterpillar de extracción minera y transporte de carbón en cerrejón Glencore.	Investigar los procedimientos y practicas actuales de aplicación de recubrimientos, identificando brechas y oportunidades de mejoras de acuerdo con los estándares normativos y las necesidades operativas.	Realizar un diagnóstico detallado de los procedimientos de recubrimiento actuales en los equipos Caterpillar de extracción minera y transporte de carbón. Investigar los avances tecnológicos en materiales de recubrimiento para equipos mineros, con especial enfoque en aquellos que mejoren la durabilidad, eficiencia y resistencia al desgaste en las condiciones de extracción y transporte de carbón.

Continuación tabla 2...

Diseñar un plan estructurado que integre mejoras en los procedimientos y tareas, asegurando el cumplimiento de las especificaciones técnicas y garantizando la calidad del proceso.	Realizar una revisión exhaustiva de las especificaciones técnicas proporcionadas por el cliente, asegurándose de comprender todos los requisitos y condiciones necesarias para cumplir con los estándares de calidad esperados.
	Analizar el plan de calidad existente y compararlo con las especificaciones técnicas suministradas por el cliente, y confirmar que todos los requisitos técnicos están siendo cubiertos adecuadamente en el plan de calidad.
	Verificar que estos procesos estén alineados con las especificaciones del cliente, asegurando la eficacia en la ejecución y la capacidad para cumplir con los requisitos técnicos establecidos.
Implementar herramientas y metodologías de evaluación de la satisfacción del cliente, para verificar la aceptación del servicio y promover la mejora continua.	Crear una encuesta estructurada que aborde aspectos clave relacionados con el servicio o producto proporcionado, Luego, distribuir la encuesta entre los clientes y recopilar las respuestas.
	Analizar los datos obtenidos de las encuestas, identificando fortalezas y áreas de mejora.
	Crear un informe detallado que resuma los resultados, destacando tanto los aspectos positivos como las áreas que requieren atención para mejorar la satisfacción del cliente.

Nota: Este esquema pertenece a la definición de las actividades, autor propio, 2025

Para alcanzar dicho propósito, el plan ha sido estructurado en tres fases clave, las cuales se especifican en la Tabla 2, por ello, la primera es una etapa de investigación y diagnóstico para hacer un análisis de los procesos actuales y así poder detectar las brechas existentes, en segundo lugar, se tiene una fase de diseño para estructurar un plan de mejora que se alinee con las especificaciones técnicas y de calidad requeridas, y finalmente, se contempla la aplicación de metodologías con las que se evalúe la satisfacción del cliente, de modo que se garantice la mejora continua del servicio prestado.

2.Enfoques referenciales

2.1. Enfoque conceptual

2.1.1. Tipos de recubrimientos para equipos de extracción minera

El tipo de recubrimiento se elige de acuerdo con el material, en el sector minero las condiciones de operación son extremadamente variables y se caracterizan por la presencia de factores ambientales y mecánicos que aceleran la degradación de los materiales. La norma ISO 12944 proporciona un marco para clasificar los grados de corrosión, siendo de especial relevancia en este contexto debido a la intensidad de los factores involucrados, en este contrato se utilizan los siguientes recubrimientos:

2.1.1.1. Prime. Es la primera capa de pintura que se aplica a una superficie, se divide en dos componentes (A y B), el componente A contiene resinas, tintas y aditivos, el componente B contiene catalizador (secante).

2.1.1.2. Epoxi poliamida verde. Pintura epoxica poliamida base solvente de dos componentes, que con la mezcla apropiada de ambos proporciona una película con buena adherencia y flexibilidad, resistente al agua, humedad, ácidos débiles, sales, álcalis, derivados del petróleo y disolventes aromáticos, según la norma (ASTM D4541). Epoxica para proteger y decorar concreto, madera y metal en áreas de alta asepsia, humedad y contacto con agua potable. Ideal para almacenamiento de agua potable, ambientes que requieran un alto grado de asepsia y cumplimiento de normas de higiene.

A razón de los trabajos efectuados, en la semana 16 del año 2025 y dentro de las instalaciones del patio de Sandblasting de Cerrejón Glencore, se llevó a cabo una actividad técnica de gran importancia para el mantenimiento de equipos mineros, puesto que el procedimiento consistió en la aplicación de una primera capa de imprimación, conocida como "prime", a una base o skid que fue diseñada para un motor de succión de agua.

Figura 2.

Documentación fotográfica de la capa de prime epoxi poliamida verde



Nota: Figura correspondiente a documentación fotográfica de la capa de prime Epoxi poliamida verde, correspondiente a la semana 16. Fuente; E PROQ MECÁNICA S.A.S.

De modo que el recubrimiento utilizado fue una pintura epoxi poliamida de color verde, seleccionada puntualmente por sus altas propiedades de adhesión, su resistencia a la corrosión y

su durabilidad, características ciertamente indispensables para proteger el acero en el agresivo ambiente operativo de una mina a cielo abierto, por consiguiente, esta tarea significa un paso de alta relevancia en el proceso de protección de activos, asegurando que el equipo tenga una barrera protectora robusta antes de recibir las capas de acabado final.

En relación con lo anterior, si se visualizara la escena, se observaría una imponente estructura metálica, es decir, la base del motor, la cual estaba recién preparada tras un proceso de Sandblasting para garantizar la máxima pureza de la superficie, por ello, los operarios equipados con trajes de protección completos estarían aplicando con meticulosidad la pintura epoxi verde con pistolas de aspersión industrial, asegurando una cobertura uniforme y el espesor de película seca que es requerido por las especificaciones técnicas del cliente, de tal manera que el vibrante color verde del "prime" contrastaba con el entorno industrial del patio, simbolizando la renovación y protección del activo, en definitiva, esta imagen encapsula la ejecución práctica de los servicios de alta calidad que E PROQ MECÁNICA S.A.S. se esfuerza por ofrecer, donde la precisión técnica y el cumplimiento de los estándares son visibles en cada fase del proceso de recubrimiento.

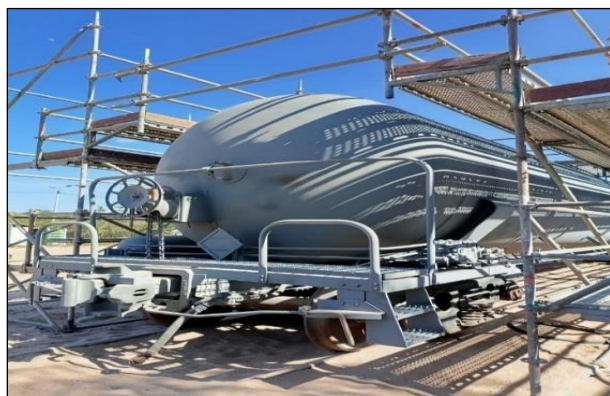
2.1.1.3. Epoxi zinc primer 10055/10056/13267. Imprimante epoxica rico en zinc en tres componentes en envases separados que al mezclarse forman un galón de mezcla. Es un producto a base de resinas tipo epoxi poliamida y zinc metálico, diseñada para proporcionar una protección electrolítica similar al galvanizado, conforme a las normas (ISO 12944-5, SSPC Paint 20 tipo II). Resistente a la intemperie y a la abrasión en ambientes industriales o marinos. Es

ideal para la protección de elementos metálicos como tuberías de acero, exterior de tanques, centrales de energía.

En relación con las labores de la semana 17 del año 2025, las operaciones en el patio de Sandblasting de Cerrejón Glencore se centraron en la protección de una pieza de infraestructura crítica, específicamente el Ferro tanque de combustible con el identificador 1245-015, por ello, la Figura 2 consistió en la aplicación de una capa de imprimación Epoxi Zinc. Debido a sus propiedades, este tipo de recubrimiento es de máxima relevancia para la protección anticorrosiva de tanques de almacenamiento, sobre todo en aquellos que contienen materiales peligrosos como es el caso del combustible, ya que a diferencia de otras imprimaciones, la Epoxi rica en Zinc ofrece una protección catódica, un proceso donde el zinc actúa como metal de sacrificio, corroyéndose de forma preferente para proteger el acero del tanque, con lo cual se garantiza una barrera mucho más duradera y eficaz contra la degradación ambiental y también la química.

Figura 3.

Documentación fotográfica de la capa de prime Epoxi Zinc



Nota: Figura correspondiente a documentación fotográfica de la capa de prime Epoxi zinc, correspondiente a la semana 17. Fuente; E PROQ MECÁNICA S.A.S.

Por otro lado, la documentación fotográfica (Figura 3) de este proceso podría capturar la magnitud de la operación, puesto que se vería el imponente Ferro tanque, una estructura masiva de acero, ocupando un espacio considerable del patio, de ahí que alrededor de él, los operarios cualificados, posiblemente trabajando sobre andamios o plataformas elevadoras, aplicarían metódicamente la imprimación de tono gris mate sobre la superficie que fue previamente tratada con Sandblasting, de modo que la imagen transmitiría un fuerte sentido de la escala y de la responsabilidad, porque cada sección cubierta con el primario de zinc representa un escudo protector vital para la seguridad y la integridad del tanque, es decir, no se trata solo de pintura, sino de la aplicación de ingeniería de protección para poder salvaguardar un activo clave y prevenir riesgos ambientales y operativos.

2.1.2. Barrera

Los recubrimientos de barrera están especialmente diseñados para proteger las superficies de diversos factores ambientales y contaminantes. Forman una barrera protectora que impide el paso de humedad, gases, productos químicos u otras sustancias, se utiliza la siguiente:

2.1.2.1. Interesal 670HS. Es un revestimiento epóxico de dos componentes, de gran espesor, con alto contenido de sólidos y bajo contenido de COV, tolerante a la superficie, que proporciona una excelente protección anticorrosiva en entornos industriales y marinos, tanto en exposición atmosférica como en servicio de inmersión, según la Norma (ASTM D3276). Interesal 670HS es adecuado para su aplicación en una amplia gama de sustratos y revestimientos envejecidos, se aplica de color negro y blanco.

En vista de las labores previas, y continuando con el tratamiento del Ferro tanque de combustible 1245-015 durante la misma semana 17 de 2025, el siguiente paso de alta relevancia fue la aplicación de una capa de barrera utilizando para ello el producto Interesal 670, puesto que este recubrimiento es un epóxido de altos sólidos, reconocido por su excepcional capacidad para ser aplicado sobre superficies con una preparación mínima y por su excelente función como sellador sobre imprimaciones ya existentes, como era el caso de la capa de Epoxi Zinc aplicada previamente.

Figura 4.

Documentación fotográfica de la capa de barrera interesal 670



Nota: Figura correspondiente a documentación fotográfica de la capa barrera Interesal 670, correspondiente a la semana 17. Fuente; E PROQ MECÁNICA S.A.S.

A causa de esto, su función principal es crear una barrera física impermeable y de gran espesor, la cual aísla la capa de imprimación y el acero del sustrato de los elementos corrosivos presentes en el ambiente, como la humedad y los agentes químicos, por tanto, la aplicación del Interesal 670 es un paso intermedio de gran importancia que refuerza la durabilidad y la resistencia del sistema de pintura completo, de ahí que la evidencia fotográfica de este proceso mostraría una transformación notoria en la apariencia del Ferro tanque.

Ya que sobre la capa inicial de imprimación de zinc, ahora se estaría aplicando el Interesal 670 (Figura 4), que usualmente posee un brillo satinado y se aplica en colores de contraste para poder asegurar una cobertura completa y sin fallos, de este modo, se podría observar a los técnicos de EPROQ MECÁNICA S.A.S. trabajando de manera sistemática para construir el espesor de película requerido, convirtiendo la superficie del tanque en un escudo robusto y homogéneo, en definitiva, la imagen ya no solo hablaría de protección catódica, sino de un sellado físico y una fortificación estructural, demostrando visualmente cómo cada capa del sistema de recubrimiento cumple una función específica y complementaria para garantizar la máxima longevidad y seguridad del activo.

2.1.3. Acabado

Un acabado en recubrimiento es un material que se aplica sobre una superficie para protegerla, impermeabilizarla, sellarla o mejorar su apariencia. También se le conoce como revestimiento, y se utiliza la siguiente:

2.1.3.1. Interthane® 990. Acabado de poliuretano acrílico alifático de dos componentes (A y B) que proporciona una excelente durabilidad y un repintado a largo plazo según las Normas (ASTM D4587 / ISO 16474-3). En este contrato se maneja el color blanco, negro, rojo y amarillo. Ya en la fase final del proceso de protección del Ferro tanque 1245-015, y durante la semana 18 del año 2025, se procedió a la aplicación de la capa de acabado utilizando el producto Interthane 990, puesto que este es un poliuretano acrílico de dos componentes, muy valorado en la industria por sus excelentes propiedades estéticas y de protección.

Figura 5.

Documentación fotográfica de la capa de acabado Interthane 990



Nota: Figura correspondiente a documentación fotográfica de la capa acabado Interthane 990, correspondiente a la semana 18. Fuente; E PROQ MECÁNICA S.A.S.

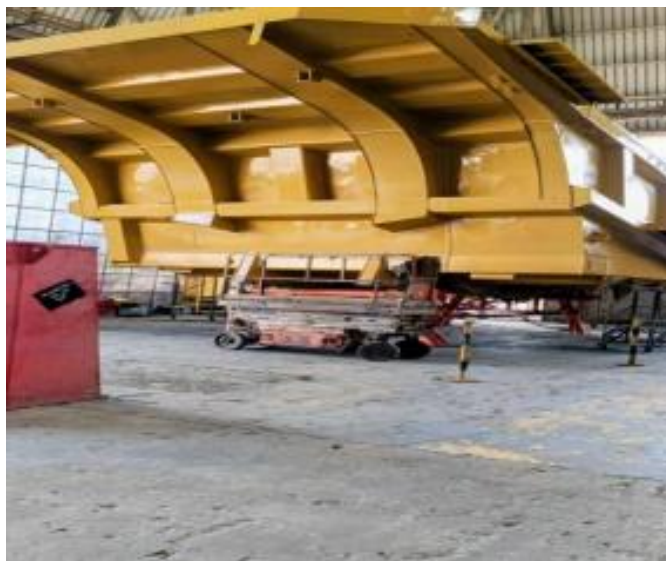
En relación con esto, la documentación fotográfica (Figura 5) de esta etapa final capturaría la culminación del proyecto de recubrimiento, ya que la imagen mostraría el Ferro tanque luciendo su acabado definitivo, probablemente en un color corporativo brillante

especificado directamente por el cliente, Cerrejón Glencore, por ello, se observaría una superficie lisa, uniforme y lustrosa que refleja la luz, como un testimonio visual del trabajo de alta calidad y la atención al detalle por parte de los técnicos de EPROQ MECÁNICA S.A.S, en definitiva, esta escena final no solo representa un activo industrial completamente protegido y listo para volver al servicio, sino que también simboliza la entrega de un proyecto completado con éxito, porque la apariencia impecable del tanque es la manifestación tangible de un sistema de protección multicapa complejo, el cual fue diseñado y ejecutado para garantizar seguridad, durabilidad y un rendimiento óptimo en las exigentes condiciones de la operación minera.

2.1.3.2. Esmalte Maquinaria Pesada Amarillo. El esmalte amarillo de repinte tipo alquídico, diseñado como sistema base solvente para productos de superficies metálicas en el segmento de protección como autopartes, carrocerías y otras superficies metálicas, se destaca por su alta resistencia mecánica, excelente adherencia, buen acabado y duración, según la Norma (ASTM D3359). Este producto sólo debe ser diluido con los diluyentes International recomendados. El uso de diluyentes alternativos, particularmente los que contienen alcoholes, pueden afectar seriamente el mecanismo de endurecimiento del pintado. Agite muy bien el producto hasta lograr su completa homogeneidad; de ser necesario, diluya únicamente la cantidad que se va a aplicar con ajustador Ref. 21219/UFA15 de acuerdo con las instrucciones de la hoja técnica. Aplique de dos a tres manos hasta obtener el espesor seco recomendado, dejando secar de 1 a 2 horas entre manos.

Figura 6.

Documentación fotográfica de la capa de acabado Esmalte Maquinaria Pesada Amarillo



Nota: Figura correspondiente a documentación fotográfica de la capa Esmalte Maquinaria Pesada Amarillo, a tolva de camión 240 toneladas, correspondiente a la semana 19. Fuente; E PROQ MECÁNICA S.A.S.

Ya en la semana 19 del año 2025, la actividad se traslada al área de Reconstrucción y Soldadura de Cerrejón Glencore, que es un taller donde los equipos son sometidos a reparaciones estructurales de gran envergadura, de ahí que el procedimiento documentado sea la aplicación de la capa de acabado final a la tolva de un camión minero de 240 toneladas. Con el fin de realizar esta tarea, se utilizó un Esmalte para Maquinaria Pesada de color amarillo, el cual es un recubrimiento formulado de manera específica para soportar las condiciones más extremas de la operación minera, es decir, más allá del propósito puramente estético, este esmalte provee una barrera de alta resistencia contra el impacto, la abrasión constante generada por rocas y otros materiales, y la degradación por la exposición al sol y a diversos productos químicos.

Por consiguiente, la aplicación de esta capa es el paso que culmina un arduo proceso de reconstrucción, devolviéndole al equipo no solo su funcionalidad sino también una protección de gran importancia para su nueva vida útil, por otro lado, al observar la escena, la imagen sería impactante por la simple escala del componente, puesto que la gigantesca tolva del camión, que por sí misma es una estructura masiva, dominaría el espacio del taller.

De modo que los técnicos especializados aplicarían con precisión el esmalte amarillo brillante, transformando la superficie metálica, recién reparada, en el icónico acabado que caracteriza a estos colosos de la minería, a causa de esto, el vibrante color amarillo no solo cumple con una identidad de marca, sino que es un elemento clave para la seguridad por la visibilidad que otorga en el complejo entorno de la mina, en definitiva, la fotografía de este momento no solo documenta un procedimiento de pintura, sino que captura la resurrección de una pieza fundamental del equipo productivo, un testimonio del ciclo de mantenimiento y reconstrucción que mantiene en movimiento la operación de Cerrejón Glencore.

2.1.4. Tipos de limpiezas

2.1.4.1. Limpieza con solvente. Preparación de superficie o limpieza utilizando solventes, vapor de agua, soluciones alcalinas, emulsiones jabonosas, detergentes y solventes orgánicos que remueven del sustrato contaminantes como: grasa, aceite, polvo y sales solubles en el agente limpiador. La limpieza con solventes puede utilizarse antes de la aplicación de la pintura y en conjunto con otros métodos de preparación de superficie mecánicos para la

eliminación de óxido, cascarilla de laminación o pintura, basados en la norma internacional (SSPC-SP1).

2.1.4.2. Limpieza con herramientas manuales. Preparación de superficie o limpieza manual utilizando herramientas manuales (cepillos manuales, lijas, etc.) para eliminar impurezas, tales como: residuos de soldaduras, oxidación, pintura envejecida y otras incrustantes. Este método puede no desprender completamente todas las incrustaciones que estén adheridas a la superficie, según la norma internacional (SSPC-SP2).

2.1.4.3. Limpieza con herramientas mecánicas. Preparación de superficie o limpieza manual utilizando herramientas eléctricas o neumáticas, para eliminar impurezas, tales como: residuos de soldaduras, oxidación, pintura envejecida y otras incrustantes. Este método puede no desprender completamente todas las incrustaciones que estén adheridas a la superficie, según la norma internacional (SSPC-SP3).

2.1.4.4. Limpieza con chorro abrasivo a metal casi blanco. Preparación de superficie o limpieza con chorro de Abrasivo conocido como granallado o arenado semi blanco. Este tipo de limpieza utiliza algún tipo de abrasivo a presión para limpiar la superficie, según la norma internacional (SSPC-SP10). A través de este método, se elimina toda la escama de laminación, óxido, pintura y cualquier material incrustante. La superficie debe verse libre de aceite, grasa, polvo, óxido, capa de laminación, restos de pintura y otros materiales extraños. Se admite hasta un 5% de restos de contaminantes que pueden aparecer sólo como distinta coloración en cada pulgada cuadrada de la superficie.

2.2. Enfoque legal

Esta sección cubre los aspectos regulatorios y de supervisión de las actividades de mantenimiento e inspección en la industria minera. Garantizar la adecuada seguridad, eficiencia operativa y sostenibilidad ambiental de la empresa. A continuación, se describe detalladamente los principales aspectos legales que regulan el mantenimiento en este campo, incluyendo la normativa nacional e internacional aplicable en materia de seguridad y salud en el trabajo, sostenibilidad ambiental, manejo de sustancias químicas y de recubrimientos.

2.2.1. Normas de seguridad y salud en el trabajo (ASST)

El “Análisis de Salud y Seguridad en el Trabajo” (ASST), también conocido como “Análisis de Trabajo Seguro” (ATS), es un proceso sistemático y documentado que evalúa cada paso de un trabajo para identificar peligros y riesgos relacionados con la seguridad y la salud. El objetivo principal es reducir o eliminar estos peligros, garantizando la seguridad de los trabajadores y minimizando el riesgo de accidentes o enfermedades laborales.

2.2.1.1. Decreto 1072 anteriormente D- 614 de 1984. Este decreto logra Constituir el Comité de Medicina, Higiene y Seguridad Industrial integrado por un número igual de representantes de los patronos y de los trabajadores, donde la empresa debe Facilitar a los trabajadores la asistencia a cursos y programas educativos que realicen las autoridades para la prevención de los riesgos profesionales. La empresa también deberá proporcionar a las autoridades competentes la información necesaria sobre procesos, operaciones y sustancias para

la adecuada identificación de los problemas de salud ocupacional (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 2015).

2.2.1.2. Resolución 2851 de 2023. De acuerdo con la naturaleza de los peligros, la priorización realizada y la actividad económica de la empresa, el empleador o contratante utilizará metodologías adicionales para complementar la evaluación de los riesgos en seguridad y salud en el trabajo ante peligros de origen físicos, ergonómicos o biomecánicos, biológicos, químicos, de seguridad, público, psicosociales, entre otros (Ministerio de Trabajo, 2023).

2.2.2. Normas ambientales

2.2.2.1. Ley 99 de 1993. Esta ley crea el Ministerio del Medio Ambiente y establece las bases para la política ambiental en Colombia. Regula el manejo de residuos y el control de emisiones contaminantes, aspectos importantes en el sector de la minería a cielo abierto. (Ministerio Ambiental, 2022).

2.2.2.2. Resolución 0689 de 2018. Establece los requisitos para el manejo y disposición de residuos peligrosos. Las actividades de mantenimiento deben cumplir con estas disposiciones para evitar la contaminación ambiental.

2.2.3. Normativas de sustancias químicas

2.2.3.1. Ley 55 de 1993. Aplica a todas las ramas de actividad económica en las que se utilizan productos químicos; Requisitos de los productos químicos: etiquetado, clasificación, fichas de datos de seguridad; responsabilidad de los empleadores; obligaciones y derechos de los trabajadores. (Congreso de la República de Colombia 1993).

2.2.3.2. Decreto 1973 de 1995. Todo empleador debe disponer de las hojas de seguridad de los productos químicos peligrosos usados en sus operaciones. (Presidencia de la República / Ministerio de Relaciones Exteriores de 1995).

2.2.4. Normativas internacionales

2.2.4.1. Norma ISO 9001:2015. La norma ISO 9001:2015 es una norma internacional que especifica los requisitos para un sistema de gestión de la calidad (SGC) y es aplicable a cualquier organización, sin importar su tamaño o sector. La norma ayuda a las organizaciones a mejorar su desempeño, cumplir con las expectativas de los clientes y demostrar su compromiso con la calidad. (Organización Internacional de Normalización. 2015).

2.2.4.2. Norma ISO 14001:2015. La ISO 14001:2015 es una norma internacional para sistemas de gestión ambiental (SGA) que proporciona un marco para que las organizaciones puedan diseñar e implementar un SGA y mejorar continuamente su desempeño ambiental. Esta norma no establece requisitos de desempeño ambiental específicos, sino que proporciona un

marco para que las organizaciones puedan identificar, controlar y gestionar los riesgos ambientales asociados a sus actividades. (Organización Internacional de Normalización. 2015).

3. Informe de cumplimiento de trabajo

3.1. Presentación de resultados

3.1.1. Procedimientos y practicas actuales identificadas

Durante la pasantía, se presentaron los siguientes resultados acorde al objetivo general, objetivos específicos y sus correspondientes actividades. Para llevar a cabo esta actividad se realizó un diagnóstico detallado de los procedimientos de recubrimiento actuales en los equipos Caterpillar de extracción minera y transporte de carbón, en CERREJON GLENCORE. La empresa EPROQMECÁNICA S.A.S. realiza los siguientes procedimientos para el recubrimiento: Recubrimiento a Tolvas de camiones Caterpillar de 190, 240 y 320 toneladas en su capacidad de carga, en las instalaciones del complejo carbonífero:

Aplicación de recubrimiento (Prime): primera etapa o capa del proceso de recubrimiento del componente, donde se aplica una capa de pintura epoxica, necesaria para prevenir la oxidación del componente, este proceso se aplica de la siguiente manera: Prepare el recubrimiento de primera capa o prime, utilizando recipiente, herramientas y elementos limpios, para estos componentes utilizamos Anticorrosivo Epoxi poliamida de color verde 9102 – 10046 y Ajustador para Epoxicas 21209 ambas de Pintuco.

Vierta el Anticorrosivo en el equipo convencional, tipo olla, para la aplicación de este en las áreas previamente preparadas en la tolva, mediante un traslape de 50% de cada pasada, si es

necesario cruce la pistola en ángulo correcto; la pistola siempre debe estar perpendicular a la superficie y a una distancia de 25 centímetros de separación del sustrato, después de realizada la aplicación deje secar por un periodo de 6 a 8 horas, para realizar la aplicación de la segunda capa o acabado.

Aplicación de recubrimiento (Acabado): segunda etapa o capa del proceso de recubrimiento del componente, donde se aplica una capa de pintura tipo esmalte para maquinaria pesada de repinte tipo alquídico, que brinda excelente adherencia, buen acabado y durabilidad, este proceso se realiza de la siguiente manera: Antes de la aplicación de la segunda capa de pintura, se debe realizar un lijado suave de la primera capa de pintura aplicada, para este caso el anticorrosivo, para obtener perfil de anclaje. Realice limpieza al equipo convencional de pintura con Ajustador para Epoxicas 21209 de Pintuco y estopas.

Prepare el recubrimiento de segunda capa o acabado, utilizando Esmalte para maquinaria pesada amarillo 11271 - 10013122 y Ajustador para Epoxicas 21209 ambas de Pintuco. Vierta el recubrimiento o pintura Esmalte para maquinaria pesada amarillo 11271 – 10013122 en el equipo convencional tipo olla, utilizando la misma técnica empleada para la aplicación del anticorrosivo en todas las áreas de la tolva, después de realizada la aplicación, deje secar por lo mínimo de 6 a 8 horas para el secado al tacto; el proceso de curado en este tipo de recubrimiento se cumple de 5 a 7 días a 25°C y dependerá también de las temperaturas de la zona.

Recubrimiento y proceso de Sandblasting aplicado a componentes y equipo minero, dentro de las instalaciones del complejo carbonífero.

Limpieza con chorro de abrasivo SSPC SP10. La limpieza con chorro de abrasivo se efectuará siguiendo los lineamientos de los métodos de preparación de superficies especificados por SSPC-SP10, como lo establece la norma americana de (Steel Structures Painting Council, Pittsburgh USA), en la superficie de los componentes de equipos mineros, equipos de vía férrea eliminando herrumbre, pintura envejecida, oxido y suciedad. Para la realización de esta limpieza con chorro de arena, previamente se debe contar con arena Sílice, seca y cernida para evitar el paso de pequeñas piedras a la tolva de Sandblasting, tarea que realiza el auxiliar de Sandblasting.

Se debe utilizar el equipo de Sandblasting comprendido principalmente por la tolva, compresor y mangueras, se carga la tolva con arena al nivel superior, para el inicio de la tarea. El técnico en Sandblasting se ubica en el área a trabajar o a reparar, ya contando con todos sus EPP Y EPCC para realizar el trabajo, Dándole la señal manual al auxiliar para active en sistema de alimentación neumática, que viene del compresor de servicio hacia la tolva, el cual es regulado por una válvula de paso.

Al ser puesto en marcha el equipo de Sandblasting, el técnico comienza a realizar la limpieza del componente o equipo, mediante el chorro de arena que sale a través de la boquilla ubicada en la punta de la manguera para Sandblasting, que es siempre la de mayor denominación o diámetro; de forma manual y realizando movimientos de arriba hacia abajo, o de derecha a izquierda se va realizando el desprendimiento del recubrimiento existente en el componente o equipo. Posterior al proceso de Sandblasting se realiza una limpieza con chorro de aire solamente, al componente o equipo, para retirar todas los residuos e impurezas que deja el

proceso; preparando la superficie para la aplicación de alguna de las capas de recubrimiento, de acuerdo con las necesidades del cliente.

Aplicación de la primera capa de recubrimiento o “prime” a componentes o equipos. Prepare el recubrimiento de primera capa o prime, utilizando recipiente, herramientas y elementos limpios, realizando la mezcla en proporciones de 5 a 1, de los componentes A y B del recubrimiento, para los componentes utilizamos Anticorrosivo Epoxi poliamida de color verde 9102 – 10046 y Ajustador para Epoxica 21209 ambas de Pintuco. Para los equipos de vía férrea, Ferro tanque y plataformas utilizamos Anticorrosivo Epoxi zinc de color gris 11055/10056/13267 el cual viene en presentación de tres componentes A, B y C, junto al Ajustador para Epoxica 21209 ambas de Pintuco.

Vierta el Anticorrosivo en el equipo convencional, tipo olla, para la aplicación del mismo en las áreas previamente preparadas en la tolva, mediante un traslape de 50% de cada pasada, si es necesario cruce la pistola en ángulo correcto; la pistola siempre debe estar perpendicular a la superficie y a una distancia de 25 centímetros de separación del sustrato, después de realizada la aplicación deje secar por un periodo de 6 a 8 horas, para realizar la aplicación de la segunda capa de recubrimiento “barrera” o “acabado” de acuerdo al esquema que se haya definido.

Aplicación de la segunda capa de recubrimiento o “barrera” a componentes o equipos. Antes de la aplicación de la segunda capa de recubrimiento, se debe realizar un lijado suave de la primera capa aplicada, para este caso el anticorrosivo, para obtener un perfil de anclaje necesario para la adherencia del próximo recubrimiento. Realice limpieza al equipo

convencional de pintura con Ajustador para Epoxicas 21209 de Pintuco y estopas dejándolo lo más limpio posible.

Prepare el recubrimiento de segunda capa “barrera” en caso de equipos donde utilizaremos Interstal 670 HS de color blanco más Ajustador para Epoxicas 21209 y para la aplicación de recubrimiento “acabado” en caso de componentes se puede utilizar Interthane 990 de diferentes colores o poliuretano Interthane 990 Ajustador para Epoxicas 21209 de Pintuco. Vierta el recubrimiento en el equipo convencional tipo olla, utilizando la misma técnica empleada para la aplicación del anticorrosivo en todas las áreas del componente o equipo, después de realizada la aplicación, deje secar por lo mínimo de 6 a 8 horas para el secado al tacto; el proceso de curado en este tipo de recubrimiento se cumple de 5 a 7 días a 25°C y dependerá también de las temperaturas de la zona.

Aplicación de la tercera capa de recubrimiento o “acabado” a componentes o equipos. Los pasos para la aplicación de la tercera capa de recubrimiento a los equipos en su etapa final son los mismos descritos anteriormente, aplicando de recubrimiento “acabado” se puede utilizar Injertan 990 de diferentes colores más ajustador para Epoxicas 21209 de Pintuco. Estos procesos de recubrimientos deben satisfacer lo deseado por CERREJÓN GLENCORE, se debe garantizar un óptimo trabajo de calidad, lo cual cumpla con los más altos estándares de salud, seguridad y sobre todo preservar la protección del medio ambiente, en la tabla 3.

Tabla 3.*Recolección de información documental, observación directa en campo.*

Proceso observado	Descripción del proceso	Herramientas y materiales utilizados	Desviaciones encontradas
Preparación de superficie	SSPC-SP3 Limpieza con herramientas mecánicas, SSPC-SP2 Limpieza con herramientas manuales y SSPC-SP10 Limpieza con chorro abrasivo a metal casi blanco	Pulidora neumática, cepillos eléctricos, manuales y Arena	Ninguna Cumplimientos de los requerimientos del cliente
Aplicación de recubrimiento	Procedimientos aplicación del recubrimiento esquema bicapas y tricapas Equipo universal, brocha y rodillo.	Equipo universal, brocha y rodillo.	Ninguna Ninguna
Curado	Natural (ambiente)	Medidor de espesor película seca y prueba de adherencia	Ninguna Ninguna

Nota: Recolección de información documental, observación directa en campo de acuerdo con los protocolos de Cerrejón Glencore Fuente; elaboración propia, 2025.

Como parte de las actividades del primer objetivo específico del plan de trabajo titulado “Desarrollar un plan de actualización para los procedimientos, tareas y servicios de aplicación de recubrimientos en equipos Caterpillar de extracción minera y transporte de carbón en Cerrejón Glencore”, se realizó un proceso de consulta directa al personal técnico y operativo involucrado en las tareas de recubrimiento.

Tabla 4.*Entrevistas y encuestas al personal*

Nombre / Cargo	Experiencia (años)	Comentarios clave	Sugerencias aportadas	Riesgos mencionados
Rafael Aragón / Técnico pintor	20	“La ejecución de las tareas se realizan bajo los lineamientos de los procedimientos”	Ninguna	Riesgos químicos, físicos y mecánicos
Carlos Fuentes / Supervisor	8	“Todos los procedimientos están actualizados”	Revisión semestral de los procedimientos	En temporada húmeda, es mayor la curación

Nota: Entrevistas / Encuestas a trabajadores Cerrejón Glencore Fuente; elaboración propia, 2025.

El objetivo de esta medida fue recopilar las percepciones, experiencias y conocimientos prácticos de los empleados para identificar oportunidades de mejora, deficiencias en la implementación, desviaciones de los procedimientos establecidos y mejores prácticas que pudieran reproducirse o documentarse. Involucrar al equipo de trabajo no solo fortalece el enfoque participativo del plan de actualización, sino que también genera un mayor compromiso y apropiación de los cambios implementados posteriormente.

Para ello, se realizaron entrevistas y encuestas semiestructuradas con una muestra representativa de empleados. Estas abarcaron aspectos como la comprensión de los procedimientos actuales, el uso de materiales, las condiciones de trabajo, la percepción de la capacitación recibida, el cumplimiento de las normas técnicas, la seguridad y las sugerencias de

mejora. La siguiente (tabla 4), resume la información obtenida y organiza los resultados por puesto o área del encuestado.

Como parte del desarrollo del plan de trabajo titulado “Desarrollo de un plan de actualización para los procedimientos, tareas y servicios de aplicación de recubrimientos en equipos Caterpillar de extracción minera y transporte de carbón en Cerrejón Glencore”, se llevó a cabo un análisis de brechas técnico-operativas con el propósito de comparar las prácticas actuales implementadas en la aplicación de recubrimientos con los estándares normativos vigentes y las mejores prácticas del sector (benchmarking).

Este análisis se basa en la identificación de criterios clave relacionados con la calidad del recubrimiento, las técnicas de aplicación, la preparación de la superficie, la selección del material, los tiempos de secado y curado, las condiciones ambientales, la seguridad operacional y el control de calidad. Con estos criterios, se comparó el desempeño actual de los procedimientos de campo con los requisitos de las normas internacionales (como ISO, ASTM, NACE, SSPC) y las directrices técnicas de otras operaciones mineras líderes o fabricantes líderes del sector. El objetivo de esta evaluación fue identificar desviaciones, deficiencias o áreas de mejora que requieren una actualización estructurada de los procedimientos internos.

Tabla 5.*Análisis de brechas (benchmarking vs estándares)*

Elemento evaluado	Práctica actual	Estándar de referencia (SSPC/NACE/ISO)	Brecha identificada	Acción sugerida
Preparación de superficie	Procedimiento estandarizado	SSPC-SP3 Limpieza con herramientas mecánicas, SSPC-SP2 Limpieza con herramientas manuales y SSPC-SP10 Limpieza con chorro abrasivo a metal casi blanco	Ninguna	Ninguna
Aplicación de recubrimiento	Aplicación manual con medición	SSPC-PA 2 Medición del espesor de recubrimientos secos con medidores magnéticos.	Si se mide espesor	Mantener los medidores de espesor calibrados y certificados.
Documentación técnica	Procedimiento Operativo Estándar (POE)	Preparación de superficies - Norma SSPC	Procedimientos actualizados	Actualizar documentación técnica cada año

Nota: Análisis de brechas (benchmarking vs estándares), Cerrejón Glencore Fuente; elaboración propia, 2025.

3.1.1.1. Actividad 1. Investigación de avances tecnológicos en materiales de recubrimiento. En el marco del primer objetivo específico del plan de trabajo titulado “Desarrollar un plan de actualización para los procedimientos, tareas y servicios de aplicación de recubrimientos en equipos Caterpillar de extracción minera y transporte de carbón en Cerrejón Glencore”, se contempla como actividad clave la investigación de los avances tecnológicos en materiales de recubrimiento para este tipo de equipos y condiciones operativas.

Este proceso de investigación se basa en normas internacionales como la ISO 12944 (2018), que especifica los requisitos de protección contra la corrosión de estructuras metálicas, así como en normas de evaluación técnica como la ASTM D3359 (2017) y la ASTM D4541 (2021), que miden la adhesión y la durabilidad de los recubrimientos. Además, se consultaron las directrices técnicas de NACE International (2018) y SSPC (2019), que definen criterios estrictos para la preparación de superficies y la aplicación de recubrimientos en entornos de la minería.

Tabla 6.

Clasificación de tecnologías de recubrimiento

Tipo de recubrimiento	Composición	Ventajas principales	Aplicaciones comunes
Interthane 990	Poliuretano acrílico alifático.	Alto brillo	Estructuras de alta mar, fábricas químicas y petroquímicas, puentes, fábricas de pasta de papel, y en la industria eléctrica.
Interasal 670 HS	Epoxi de dos componentes	Alto en sólidos	Plantas químicas y petroquímicas, puentes, molinos de papel y pulpa
Esmalte Maquinaria Pesada Amarillo	Esmalte sintético	Resistencia al agua, cuenta con protección UV	Tolvas de camiones, componentes de maquinaria pesada.
Epoxi poliamida	Epoxica poliamida	buena adherencia, resistente al agua y a la humedad.	tanques o tuberías que almacenen agua potable y derivados del petróleo.

Nota: Clasificación de tecnologías de recubrimiento Fuente; elaboración propia, 2025.

Asimismo, se consultaron guías técnicas de fabricantes especializados como PPG Protective Coatings y AkzoNobel (International Paint), cuyos productos están diseñados específicamente para condiciones de extrema resistencia a la abrasión, humedad constante y fluctuaciones de temperatura. La actividad se centra en identificar y evaluar las nuevas formulaciones, tipos de recubrimientos avanzados, mostrados en la tabla 6; y soluciones

innovadoras disponibles en el mercado o en investigación, con especial atención a aquellos que han demostrado mejor desempeño en el sector minero o en aplicaciones industriales de alto impacto. Asimismo, se considerarán los beneficios operativos, económicos y ambientales de su implementación, en comparación con los materiales actualmente utilizados.

Esta herramienta de comparación se basa en diversos criterios técnicos clave, como el tipo de recubrimiento, la resistencia a la abrasión y la corrosión, la durabilidad estimada, la compatibilidad del sustrato, los tiempos de aplicación y curado, las condiciones óptimas de aplicación, los costos relativos, el impacto ambiental y el cumplimiento de las normas internacionales (como ISO 12944, ASTM D3359, NACE SP0178 y otras). Se elaboró un análisis técnico comparativo con el objetivo de evaluar diferentes opciones de materiales, tecnologías y procedimientos de aplicación de recubrimientos actualmente disponibles en el mercado, frente a los utilizados en la operación actual.

La siguiente (tabla 7); resume claramente los resultados del análisis y permite identificar las fortalezas, debilidades y oportunidades de mejora de las diversas alternativas evaluadas. Esta información técnica es esencial para la toma de decisiones a la hora de seleccionar materiales de recubrimiento que garanticen una mayor eficiencia operativa, un menor mantenimiento y una mayor vida útil de los componentes tratados.

Tabla 7.*Análisis técnico comparativo*

Recubrimiento	Resistencia a la abrasión	Resistencia química	Durabilidad esperada	Costo relativo	Aplicación
Interthane 990	Muy Alta	Alta	3-5 años	Medio	Aspersión sin aire, Pistola de aspersión Convencional, Brocha, Rodillo.
Interesal 670 HS	Medio	Alta	2-3 años	Medio	Atomización sin aire (airless) con aire (presión en el pote) Brocha y Rodillo para áreas pequeñas.
Esmalte Maquinaria Pesada Amarillo	Medio	Medio	1- 2 años	Medio	Aplicación por brocha o pistola
Epoxi poliamida verde	Muy alta	Alta	5 años	Medio	Brocha, pistola o rodillo

Nota: Análisis técnico comparativo de recubrimiento Fuente; elaboración propia, 2025.

3.1.1.2. Actividad 2, Identificar brechas y oportunidades de mejora. Es fundamental considerar la perspectiva de los trabajadores que ejecutan estas tareas en el día a día. Incluirlos activamente en la revisión de los procedimientos y alcances del contrato de recubrimiento no solo permite identificar oportunidades de mejora desde la experiencia práctica, sino que también fomenta un sentido de pertenencia y compromiso con el cumplimiento de los estándares establecidos.

Tabla 8.*Rol, funciones y número de personas sugeridos para los procesos*

Rol / Cargo	Función	N.º de personas sugerido
Técnicos Pintores	Realizan la aplicación directa de los recubrimientos protectores y estéticos a equipos pesados (como excavadoras, tractores, vehículos mineros, grúas, etc.) para protegerlos de la corrosión, el desgaste y otras influencias ambientales, así como para mejorar su apariencia. Este puesto requiere conocimientos técnicos y prácticos específicos.	3 a 7 Técnicos Pintores.
Gerente Operativo	Dirigen, planifican y supervisan todas las actividades relacionadas con la preparación, aplicación, control de calidad e implementación de procesos de recubrimiento (pintura industrial, protección contra la corrosión, etc.) en equipos mineros, garantizando el cumplimiento de las normas técnicas, de seguridad y productividad aplicables.	1 gerente operativo.
Seguridad industrial	Garantizan que todos los trabajos se realicen bajo condiciones seguras, protegiendo la salud de los trabajadores, el medio ambiente y los recursos de la empresa, minimizando los riesgos inherentes a los trabajos con pinturas, solventes, abrasivos y equipos de presión en entornos industriales exigentes.	2 SST.

Nota: Selección a trabajadores representativos de cada área relacionada con el proceso de recubrimientos Fuente; elaboración propia, 2025.

Los operarios, técnicos y supervisores poseen un conocimiento valioso sobre las condiciones reales del trabajo, los riesgos involucrados, las limitaciones de los materiales y herramientas, así como la eficacia de los equipos de protección personal, (véase en la tabla 8); Al ser escuchados y considerados durante el proceso de revisión del contrato, se fortalece la cultura de seguridad, se incrementa la eficiencia operativa y se asegura que los procedimientos reflejen la realidad del entorno laboral.

Tabla 9.*Formato de encuesta para trabajadores*

Encuesta						
Datos generales del encuestado						
Nombre:	Leiner Ladeuth	Cargo:	Técnico Pintor			
Área / Turno:	Extensión de vida	Años de experiencia:	10 Años			
Fecha:	20/05/2025					
Ítem	Pregunta		Opciones / Respuestas			
1	¿Con qué frecuencia participas en trabajos de recubrimientos?		Diario	Semanal	Mensual	Nunca
2	¿Te parece que los procedimientos actuales están actualizados y reflejan lo que realmente haces?		Si	Parcialmente	No	N/A
3	¿Con qué frecuencia enfrentas problemas con materiales, herramientas o tiempos?		Frecuentemente	A veces	Rara vez	Nunca
4	¿Has recibido capacitación reciente en aplicación de recubrimientos?		Si, este año	Más de 1 año	Nunca	N/A
5	¿Consideras que el equipo de protección personal es adecuado para este tipo de trabajo?		Si	No	A veces	N/A

Nota: Formato de Encuesta para Trabajadores, relacionada con el proceso de recubrimientos cerrejón Glencore Fuente; elaboración propia, 2025.

Además, este enfoque participativo contribuye a anticipar y mitigar posibles fallas operativas o incumplimientos contractuales, ya que se cuenta con una visión más completa y realista de los procesos. Por ello, promover la inclusión de los trabajadores en las etapas clave del contrato, especialmente en la actualización de tareas, tiempos y controles de calidad, representa una estrategia alineada con las mejores prácticas en gestión industrial y relaciones laborales.

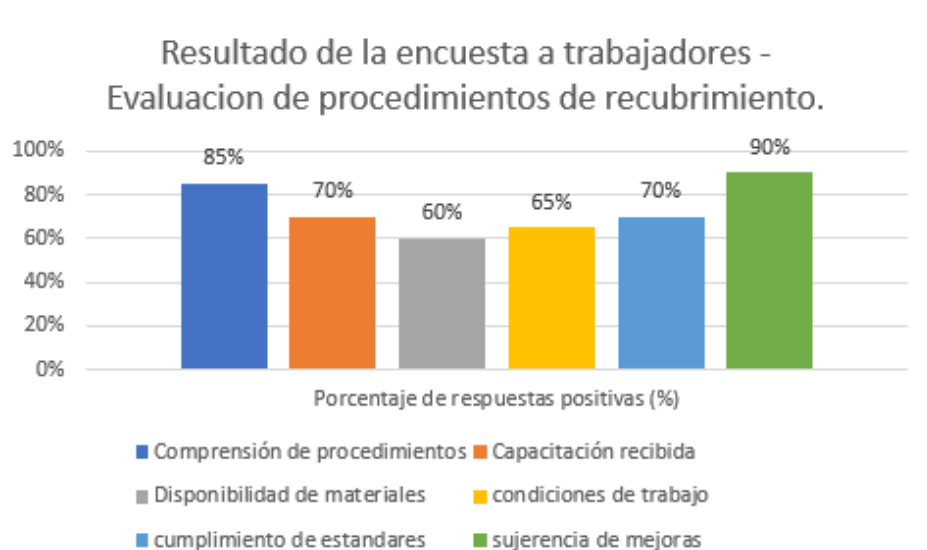
Para lograr este objetivo, se diseñó una estrategia participativa que puede incluir entrevistas estructuradas, sesiones de retroalimentación grupal, talleres de mejora continua, y la aplicación de herramientas como encuestas, (Tabla 9); o diagramas causa-efecto. El enfoque

busca generar un entorno colaborativo en el cual los operarios, técnicos y supervisores puedan expresar sus opiniones, identificar problemas recurrentes, proponer soluciones prácticas y validar los cambios sugeridos por el equipo técnico.

Para determinar la percepción del personal técnico y operativo sobre los procesos de recubrimiento de las máquinas Caterpillar, se realizó una encuesta estructurada. Esta abordó aspectos clave como el conocimiento del proceso, la calidad de la capacitación, la disponibilidad de materiales, las condiciones laborales, el cumplimiento de las normas técnicas y las sugerencias de mejora de los empleados. El siguiente gráfico resume los resultados como porcentaje de respuestas positivas. Ofrece una visión general de las fortalezas y oportunidades de mejora identificadas desde la perspectiva de los empleados.

Figura 7.

Resultado de la encuesta a trabajadores - Evaluación de procedimientos de recubrimiento



Nota: Figura correspondiente al resultado de la encuesta a trabajadores – Evaluación de procedimientos de recubrimiento.

La información recogida será sistematizada y analizada para detectar patrones comunes, buenas prácticas y oportunidades de estandarización o innovación. Los hallazgos de esta actividad, (Tabla 10); se integrarán en el diseño del plan de actualización de procedimientos, asegurando que las soluciones propuestas sean técnica y operativamente viables, adaptadas al contexto real del trabajo en campo y alineadas con los estándares de seguridad, calidad y eficiencia exigidos por la operación minera de Cerrejón Glencore.

Tabla 10.

Principales hallazgos

Categoría	Opiniones comunes	Necesidades identificadas
Procedimientos	“No reflejan la práctica actual”	Revisión conjunta con operarios
Capacitación	“No todos han sido capacitados”	Programa anual de formación técnica
Materiales	“A veces faltan insumos o no son los adecuados”	Mejora en logística y control de inventario
Seguridad	“No siempre usamos el EPP correcto”	Capacitación en riesgos y refuerzo del control

Nota: Principales hallazgos en los procedimientos, capacitación, materiales y seguridad

relacionado con el proceso de recubrimientos en cerrejón Glencore Fuente; elaboración propia, 2025.

3.1.2. Plan de mejoras como garantía de calidad del proceso

3.1.2.1. Actividad 1. Revisión especificaciones técnicas. Como parte del desarrollo del segundo objetivo específico del plan de trabajo titulado “Diseñar un plan estructurado que

integre mejoras en los procedimientos y tareas, asegurando el cumplimiento de las especificaciones técnicas y garantizando la calidad del proceso”, se contempla como primera actividad la revisión exhaustiva de las especificaciones técnicas proporcionadas por el cliente, con el propósito de comprender en detalle todos los requisitos y condiciones necesarias para garantizar el cumplimiento de los estándares de calidad esperados.

Esta actividad es fundamental, ya que las especificaciones técnicas constituyen el marco de referencia que regula y define los parámetros de desempeño, los materiales autorizados, los criterios de aceptación, los métodos de aplicación y los controles de calidad exigidos para el proceso de recubrimiento en los equipos Caterpillar utilizados en la operación minera de Cerrejón Glencore. Una comprensión clara y precisa de estos lineamientos es clave para garantizar la coherencia entre los procesos internos de la empresa prestadora del servicio y las expectativas contractuales del cliente.

La revisión se centrará en analizar documentación técnica entregada por Cerrejón Glencore, tales como manuales de especificaciones, hojas técnicas de productos, normas de aplicación, procedimientos de inspección y cualquier otro requerimiento normativo o contractual que defina los estándares que deben cumplirse. Esta evaluación detallada permitirá identificar los elementos técnicos clave, verificar la interpretación correcta de los mismos por parte del equipo operativo y establecer criterios de control que serán incorporados en la fase de rediseño de procedimientos.

Además, esta actividad servirá como punto de partida para detectar posibles desviaciones, vacíos documentales o incoherencias entre lo que se exige y lo que actualmente se aplica, contribuyendo así a fortalecer el alineamiento técnico y normativo entre el proveedor del servicio y el cliente. El resultado final fue un insumo esencial para la elaboración de un plan de mejora robusto, ajustado a la realidad operativa y completamente enfocado en la calidad del servicio y la satisfacción del cliente, en lo cual se realizó una matriz de requisitos técnicos del cliente – cerrejón Glencore; (Tabla 11). Esta matriz resume los requisitos técnicos clave establecidos por Cerrejón Glencore para la aplicación de recubrimientos en equipos Caterpillar de extracción y transporte de carbón, está diseñada para guiar el diseño de procedimientos y tareas alineados con las condiciones operativas y de calidad exigidas en el contrato Sandblasting y pintura.

Tabla 11.

Matriz de requisitos técnicos del cliente - Cerrejón Glencore

Categoría	Requisito Técnico	Fuente (documento o norma)	Observaciones / Comentarios
Superficie Base	limpieza con chorro abrasivo	Norma SSPC-SP10	Requiere inspección visual y comparador de perfil
Recubrimiento	Interthane 990 negro, blanco, rojo y amarillo	Hoja técnica del producto	Solo productos certificados por proveedor aprobado
Aplicación	Temperatura ambiente 10-35°C	Especificaciones Técnicas 2023	No aplicar en presencia de humedad superficial
Control de calidad	Medidor de espesor de película seca Elcometer 456 IPC	Norma SSPC-PA2	Requiere medidor calibrado y reporte

Nota: Matriz de Requisitos Técnicos del Cliente – Cerrejón Glencore. Fuente; elaboración propia 2025.

3.1.2.2. Actividad 2. Analizar plan de calidad existente. Esta actividad es esencial para garantizar que todos los requisitos técnicos exigidos estén debidamente incorporados en el sistema de gestión de calidad actual. La calidad en los procesos de aplicación de recubrimientos industriales, especialmente en equipos de alta exigencia operativa como los utilizados en minería, no solo depende de la ejecución correcta de las tareas, sino también de una planificación robusta y alineada con las expectativas del cliente. En este contexto, el plan de calidad constituye el documento rector que orienta la forma en que se deben controlar los procesos, verificar la conformidad con los estándares técnicos, asegurar la trazabilidad, y prevenir la ocurrencia de errores o fallas en la operación.

El objetivo de esta actividad es revisar de manera meticulosa los contenidos del plan de calidad actual y cotejarlos con las exigencias establecidas en las especificaciones técnicas de Cerrejón Glencore. Este análisis busca detectar posibles brechas, omisiones o inconsistencias que puedan afectar la calidad del servicio prestado o comprometer el cumplimiento contractual. Entre los aspectos a evaluar se incluyen criterios como los procedimientos de inspección, métodos de ensayo, requerimientos de materiales, formación del personal, criterios de aceptación y documentación de control de calidad.

A través de esta revisión crítica se podrá establecer si el plan de calidad existente es suficientemente robusto y actualizado, o si requiere ajustes para responder plenamente a los requerimientos técnicos establecidos por el cliente. Los resultados de esta evaluación servirán de base para implementar mejoras al plan, con el fin de fortalecer la confiabilidad de los procesos, minimizar los riesgos operativos y garantizar la conformidad con los estándares exigidos en la

operación minera de Cerrejón Glencore. Se realizó una matriz, (Tabla 12); que tiene como propósito comparar el contenido del plan de calidad vigente con los requisitos técnicos establecidos por el cliente (Cerrejón Glencore), a fin de confirmar su cobertura, identificar brechas y proponer ajustes necesarios para garantizar el cumplimiento técnico y la calidad del proceso de recubrimiento.

Tabla 12.

Matriz realizada- Plan de calidad VS Requisitos del cliente

Requisito técnico del cliente	¿Está cubierto en el plan de calidad?	Observaciones / Ajustes requeridos
Limpieza grado SSPC-SP10	Si No Parcialmente	El plan menciona limpieza, pero no especifica estándar técnico
Temperatura de aplicación entre 10-25°C	Si No Parcialmente	Debe incluir protocolo de verificación de temperatura para el procedimiento.
Ensayo de espesor de película seca Elcometer 456 IPC	Si No Parcialmente	Si aparece descrito en el plan actual
Espesor mínimo de recubrimiento 10 - 16 Mills	Si No Parcialmente	Debe detallarse el equipo y frecuencia de medición

Nota: Matriz Realizada – Plan de Calidad vs Requisitos del Cliente. – Cerrejón Glencore fuente; elaboración propia, 2025.

3.1.2.3. Actividad 3. Verificación de procesos. Esta actividad es crítica para garantizar la coherencia técnica entre lo que se realiza en la práctica y lo que el cliente ha definido como estándar aceptable. Aunque puedan existir procedimientos documentados o planes de calidad previamente definidos, es indispensable constatar que estos se estén implementando de manera fiel en el campo y que sus resultados sean consistentes con los parámetros exigidos por Cerrejón

Glencore. Para ello, es necesario aplicar un enfoque integral de verificación que combine la revisión documental, la observación directa de los procesos, y el análisis técnico de los registros de calidad disponibles.

El objetivo de esta actividad es evaluar si las tareas relacionadas con la aplicación de recubrimientos desde la preparación de superficies, elección de materiales, condiciones ambientales de trabajo, técnicas de aplicación, hasta los controles de calidad posteriores están realmente alineadas con lo estipulado por el cliente en sus especificaciones. Asimismo, se pretende identificar cualquier desviación técnica, práctica obsoleta o falta de estandarización que pueda comprometer la eficiencia del proceso o la conformidad con los criterios técnicos establecidos.

La información obtenida durante esta verificación permitirá sustentar decisiones estratégicas en la fase de rediseño de los procedimientos y servirá como base para la implementación de medidas correctivas y preventivas. De esta manera, se realizó una matriz, (Tabla 13); la cual permite evaluar el grado de alineación entre los procesos actuales de aplicación de recubrimientos en equipos Caterpillar y los requisitos técnicos exigidos por el cliente Cerrejón Glencore, el análisis contribuye a garantizar la eficacia operativa y la calidad del servicio prestado.

A continuación, se realiza la medición de las condiciones ambientales, (figura 6); y el espesor de película seca, (figura 7); a un ferro tanque 1245-015. Lo cual arroja unas medidas ajustadas a los estándares requeridos, y así garantizar la buena calidad del servicio prestado y los

requisitos técnicos exigidos por el cliente Cerrejón Glencore. La información obtenida durante este proceso de validación apoyará las decisiones estratégicas durante la fase de rediseño del programa y servirá como base para implementar acciones correctivas y preventivas.

Tabla 13.

Matriz de verificación - Alineación de procesos con requisitos del cliente

Etapas del proceso	Requisito técnico del cliente	¿cumple? (Si / No / Parcial)		Observaciones / Recomendaciones
Preparación de superficie	Limpieza grado SSPC-SP10	Si Parcial	No	Se realiza granallado, pero falta inspección con comparador.
Aplicación del recubrimiento	Espesor mínimo de recubrimiento 10- 16 Mills	Si Parcial	No	Se debe registrar medición con equipos calibrados.
Condiciones ambientales	Aplicación entre 10 - 35°C, sin humedad	Si Parcial	No	Si hay registros sistemáticos de temperatura / humedad.
Control de calidad	Ensayo de espesor de película seca Elcometer 456 IPC	Si Parcial	No	Si se realiza actualmente, como protocolo y se incluye en el procedimiento.

Nota: Matriz de Verificación – Alineación de Procesos con Requisitos del Cliente, Cerrejón

Glencore fuente; elaboración propia, 2025.

En la semana 18 del año 2025, y de manera simultánea a la aplicación de las capas de recubrimiento en el Ferro tanque 1245-015, se ejecutó un paso de gran relevancia para el aseguramiento de la calidad, concretamente la medición de las condiciones ambientales, ya que este procedimiento es un requisito técnico de primer orden en cualquier proyecto de recubrimiento industrial de alto rendimiento. A causa de esto, la tarea consiste en utilizar instrumentos de precisión para registrar parámetros clave como la temperatura del aire, la humedad relativa, la temperatura de la superficie del acero y, de forma muy destacada, el punto de rocío, puesto que el objetivo es garantizar que la aplicación de la pintura se realice dentro de

la ventana de condiciones óptimas especificadas por el fabricante del producto, previniendo así defectos catastróficos que son causados por la condensación de humedad sobre la superficie, lo cual comprometería la adherencia y la integridad de todo el sistema de protección.

Figura 8.

Documentación fotográfica, medición de las condiciones ambientales a ferro tanque 1245-015

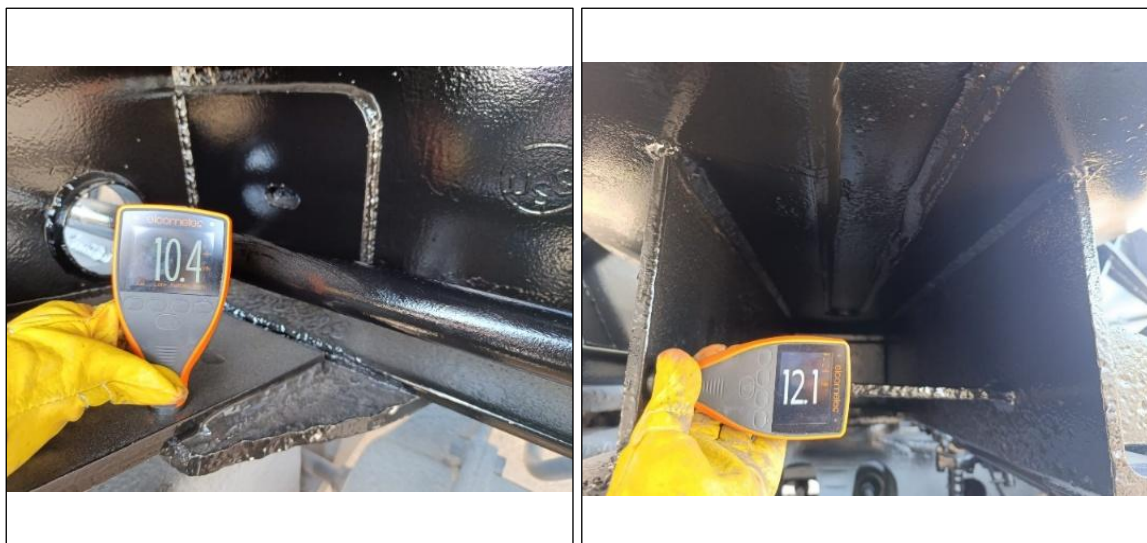


Nota: Figura correspondiente a documentación fotográfica Medición de condiciones ambientales a ferro tanque 1245-015, correspondiente a la semana 18. Fuente; E PROQ MECÁNICA S.A.S.

De ahí que la documentación fotográfica de esta actividad mostraría una escena de precisión técnica en medio de la masividad del proyecto, de modo que se observaría a un inspector de calidad o a un técnico de E PROQ MECÁNICA S.A.S. sosteniendo un medidor digital directamente contra la superficie del imponente Ferro tanque. Por ello, el foco de la imagen no estaría en la pintura, sino en el acto de la verificación, es decir, el gesto de obtener una lectura de datos que dictamina si es seguro proceder.

Figura 9.

Documentación fotográfica, medición del espesor de película seca a ferro tanque 1245-015



Nota: Figura correspondiente a documentación fotográfica, Medición del espesor de película seca a ferro tanque 1245-015, correspondiente a la semana 19. Fuente; E PROQ MECÁNICA S.A.S.

En definitiva, esta visual representa la ciencia y la disciplina que sustentan el trabajo manual, un momento que subraya el compromiso de la empresa con los estándares de calidad internacionales, porque es la demostración de que un recubrimiento exitoso no solo depende de

la correcta aplicación, sino también del riguroso control del entorno en el que se aplica, garantizando así la longevidad y el rendimiento prometido al cliente. Ya en la semana 19 del año 2025, y una vez que el sistema de recubrimiento del Ferro tanque 1245-015 ha curado completamente, se lleva a cabo una de las inspecciones de calidad de mayor relevancia, como es la medición del espesor de película seca, conocida como EPS o DFT, puesto que este procedimiento es la verificación final y cuantitativa de que el trabajo se ha realizado conforme a las especificaciones técnicas del proyecto.

De este modo, utilizando un medidor electrónico calibrado, un inspector toma lecturas en múltiples puntos a lo largo de toda la superficie del tanque, ya que el objetivo es asegurar que el espesor total del sistema de pintura, que incluye la imprimación, la barrera y el acabado, se encuentre dentro del rango mínimo y máximo exigido, por ello, este control es un paso de suma importancia para validar la correcta ejecución y garantizar la durabilidad del trabajo, porque un espesor insuficiente anularía la protección anticorrosiva, mientras que un exceso podría causar agrietamiento y fallas en el recubrimiento.

En relación con esto, la documentación fotográfica del proceso mostraría una imagen de cierre y validación, de ahí que el foco estaría en la interacción precisa entre el inspector y la superficie finalizada del tanque, es decir, se vería la mano del técnico de E PROQ MECÁNICA S.A.S. colocando la pequeña sonda del medidor de espesores sobre la superficie brillante del Ferro tanque, mientras en la pantalla digital del dispositivo aparece una lectura numérica en mils o micrones, por consiguiente, esta escena que contrasta el pequeño instrumento de precisión con la inmensidad del tanque, simboliza la rendición de cuentas y la garantía de calidad.

31.3. Evaluación de la satisfacción del cliente

3.1.3.1. Actividad 1. Aplicación encuesta satisfacción del cliente. Como parte del proceso de mejora continua, para garantizar la calidad de los servicios de recubrimiento en equipos Caterpillar de extracción minera y transporte de carbón, hemos diseñado la siguiente encuesta de satisfacción del cliente. Esta encuesta está diseñada para recopilar información objetiva y subjetiva sobre la evaluación de los clientes sobre los servicios prestados.

Tabla 14.

Encuesta de satisfacción del cliente

DATOS GENERALES						
Fecha		03/06/2025		Área	Reconstrucción y Soldadura	
Contrato: Sandblasting y pintura		Sandblasting y pintura		Cargo	Supervisor	
Nombre del encuestado		Ilidez Lopez				
Tarea Observada		Recubrimiento de una tolva de camión 240 T				
Ítem	Preguntas	1	2	3	4	5
1	Calidad del recubrimiento aplicado.				X	
2	Cumplimiento de especificaciones técnicas del recubrimiento.				X	
3	Puntualidad en los tiempos de entrega.					X
4	Comunicación y atención del personal técnico.					X
5	Gestión de garantías o reclamaciones.				X	
6	Nivel de conformidad con los procesos de inspección y control.				X	
7	Cumplimiento de condiciones de seguridad durante la ejecución.				X	
8	Capacidad del proveedor para adaptarse a requisitos operacionales.				X	
9	Claridad de la documentación técnica entregada.			X		
10	Satisfacción general con el servicio.				X	

Nota: Encuesta de Satisfacción del Cliente, Cerrejón Glencore fuente; elaboración propia, 2025.

La información recopilada identificará nuestras fortalezas, debilidades y oportunidades de mejora en tecnología, operaciones y servicio al cliente. Su participación es esencial para garantizar que los procesos, tareas y productos adoptados cumplan con las expectativas del cliente y los más altos estándares de calidad y eficiencia. Gracias por su tiempo y disposición para completar esta encuesta, tabla 14; Sus respuestas serán estrictamente confidenciales y se utilizarán únicamente para evaluar y mejorar nuestros servicios. Por favor, marque con una 'X' el nivel de satisfacción para cada ítem (1 = Muy insatisfecho, 5 = Muy satisfecho):

3.1.3.2. Actividad 2. Análisis datos obtenidos. En el marco del plan de trabajo titulado “Desarrollo de un plan de actualización para los procedimientos, tareas y servicios de aplicación de recubrimientos en equipos Caterpillar de extracción minera y transporte de carbón en Cerrejón Glencore”, se ha planteado como parte del segundo objetivo específico la implementación de herramientas de evaluación de la satisfacción del cliente. Este proceso tiene como finalidad verificar la aceptación del servicio proporcionado y fomentar la mejora continua en la ejecución de los recubrimientos industriales.

Como parte de este objetivo, se diseñó y aplicó una encuesta estructurada orientada a recoger la percepción de los clientes sobre diferentes aspectos del servicio brindado. Los ítems evaluados incluyen calidad técnica del recubrimiento, cumplimiento de especificaciones, tiempos de entrega, atención del personal técnico, manejo de garantías, seguridad en los procesos, entre otros factores críticos para el rendimiento y la satisfacción del cliente.

Tabla 15.*Informe de Resultados – Encuesta de Satisfacción del Cliente.*

INFORME DE RESULTADOS - ENCUESTA DE SATISFACCION DEL CLIENTE			
Dirigido a:	Equipo de mejora de procesos - servicio de recubrimiento (Camiones Mecánicos)	Fecha:	5/06/2025
Autor	Jhon Villegas		
RESULTADOS CUANTITATIVOS			
ítem Evaluado	Promedio	Fortalezas / Áreas de mejora	
Calidad del recubrimiento aplicado.	5	Alta calidad técnica del recubrimiento aplicado, con cumplimiento de estándares visuales y funcionales.	
Cumplimiento de especificaciones técnicas del recubrimiento.	4	El personal demuestra alto profesionalismo, responsabilidad y dominio técnico	
Puntualidad en los tiempos de entrega.	5	Tiempos de entrega si bien se cumplieron los plazos establecidos, el cliente sugiere mejorar la programación para reducir demoras en fases críticas como el curado final o secado intermedio.	
Comunicación y atención del personal técnico.	5	Comunicación clara y oportuna, tanto en la etapa de planeación como en la ejecución del servicio.	
Gestión de garantías o reclamaciones	4	Revisión de algunos detalles técnicos menores, especialmente en la preparación superficial, para maximizar la durabilidad del recubrimiento.	
Conformidad con procesos de inspección y control.	4	Se recomienda implementar un protocolo de seguimiento técnico después de la entrega para verificar desempeño del recubrimiento en condiciones reales de operación.	
Condiciones de seguridad durante la ejecución.	4	Buen manejo de los elementos de protección personal (EPPS) por parte de los técnicos profesionales.	
Adaptabilidad a requisitos operacionales.	4	Buena disposición a atender observaciones, generando confianza durante el proceso operativo.	
Claridad de la documentación técnica entregada.	3	Mejorar la revisión de las fichas técnicas de los recubrimientos ya que tienen fecha de vencimientos y así evitar un cero energía a la hora de laborar	
satisfacción general con el servicio.	4	Profesionalismo del personal técnico, con actitud proactiva, orden y conocimientos evidentes en campo.	

Nota: Informe de Resultados – Encuesta de Satisfacción del Cliente, Cerrejón Glencore fuente; elaboración propia, 2025.

La presente sección del informe consolida y analiza los datos obtenidos mediante dicha encuesta. A través de este análisis, se busca identificar tanto las fortalezas actuales del proceso como las áreas que requieren atención o mejoras, todo ello en función de los estándares técnicos exigidos, las necesidades operacionales del cliente y las mejores prácticas del sector minero-industrial. Los resultados obtenidos representan una herramienta fundamental para la retroalimentación del sistema de gestión de calidad, y permiten establecer recomendaciones concretas orientadas a elevar la eficiencia, el valor percibido por el cliente y la sostenibilidad del servicio de recubrimientos.

Este informe presenta los resultados obtenidos a partir de la encuesta de satisfacción del cliente, aplicada a los servicios de aplicación de recubrimientos en equipos Caterpillar. Su objetivo es identificar fortalezas y áreas de mejora que permitan orientar acciones para optimizar la calidad del servicio y la satisfacción del cliente. Véase en la Tabla 15.

3.1.3.3. Actividad 3. Informe de resultados

Tabla 16.

Plantilla de registro de entrevistas - seguimiento de satisfacción del cliente

Plantilla de registro de entrevistas – Seguimiento de satisfacción del cliente		
Datos generales del cliente		
Nombre del cliente: Jhon Villegas		Fecha de la entrevista: 9/06/2025
Empresa/área: Camiones mecánicos		Nombre del entrevistador: Eliseo Ortega
Medio de contacto (teléfono, teams, presencial, etc.):		Presencial
Ítems	Preguntas	Respuestas
1	¿Cómo calificaría su experiencia general con el servicio de aplicación de recubrimiento?	La experiencia ha sido bastante positiva. El servicio prestado cumplió con los estándares técnicos que esperábamos, y se notó una mejora significativa en la protección y durabilidad de los equipos. La planificación fue clara y el equipo de trabajo mostró alto compromiso

Continuación tabla 16...

2	¿Cómo calificaría su experiencia general con el servicio de aplicación de recubrimiento?	La experiencia ha sido bastante positiva. El servicio prestado cumplió con los estándares técnicos que esperábamos, y se notó una mejora significativa en la protección y durabilidad de los equipos. La planificación fue clara y el equipo de trabajo mostró alto compromiso
3	¿Hubo algún aspecto técnico o logístico que no haya sido completamente satisfactorio?	Realmente no se evidenciaron debilidades significativas durante esta intervención. Todo el proceso fue bien coordinado. Tal vez podría considerarse implementar una documentación digital más interactiva para el seguimiento visual del progreso, pero no fue un inconveniente.
4	¿Qué desearía como lo más positivo del servicio recibido?	Lo más positivo del servicio recibido fue la calidad técnica del recubrimiento aplicado, el cumplimiento riguroso de los tiempos pactados y la actitud profesional del personal involucrado
5	¿Hay alguna recomendación o mejora que le gustaría sugerirnos?	Podría implementarse un sistema digital de visualización en tiempo real del avance del recubrimiento, tal vez mediante informes gráficos semanales. Esto facilitaría aún más la comunicación con las áreas responsables. Por lo demás, el servicio fue excelente.
6	¿Cómo ha sido la comunicación con el personal técnico y administrativo?	La comunicación ha sido excelente. Desde el inicio del servicio, tanto el personal técnico como el administrativo se mantuvieron disponibles, brindando información clara y oportuna sobre el avance del trabajo.
7	¿Considera que cumplimos con los tiempos de entrega y los requerimientos técnicos establecidos?	Sí, completamente se cumplió el cronograma definido desde el inicio del proyecto. Incluso hubo algunos trabajos que finalizaron antes del tiempo pactado, sin comprometer la calidad del servicio.
8	¿Estaría dispuesto a continuar utilizando nuestros servicios en futuras intervenciones?	Totalmente. El nivel técnico, la organización del servicio y los resultados en campo hacen que este servicio sea replicable y recomendable para otras áreas de operación.

Nota: Plantilla de registro de entrevistas - seguimiento de satisfacción del cliente, Cerrejón

Glencore fuente; elaboración propia, 2025.

En el marco del desarrollo del plan de actualización para los procedimientos, tareas y servicios de aplicación de recubrimientos en equipos Caterpillar de extracción minera y transporte de carbón en Cerrejón Glencore, se ha establecido como una de las prioridades estratégicas la implementación de herramientas de evaluación de la satisfacción del cliente.

Tras la recolección inicial de datos a través de encuestas estructuradas, se identificó la necesidad de complementar los resultados con un proceso de retroalimentación más profundo y cualitativo. Para ello, se diseñó y ejecutó una estrategia de entrevistas y llamadas de seguimiento con una muestra representativa de clientes. El propósito de esta actividad es obtener una comprensión más detallada de sus experiencias, percepciones y expectativas con respecto al servicio de aplicación de recubrimientos.

Estas entrevistas permiten explorar con mayor profundidad los elementos que afectan la satisfacción del cliente, identificar fortalezas del servicio, detectar posibles desviaciones técnicas o logísticas, y recibir sugerencias directas de quienes utilizan los recubrimientos en condiciones reales de operación. La información recopilada mediante este enfoque personalizado y directo es clave para diseñar mejoras precisas, priorizadas y alineadas con las verdaderas necesidades del cliente, por lo cual se optó por realizar una plantilla de registro de entrevistas – seguimiento de satisfacción del cliente, (Tabla 16).

En este informe se presenta la metodología empleada, el perfil de los clientes contactados, los principales hallazgos cualitativos obtenidos a partir de las conversaciones realizadas, y una serie de recomendaciones que servirán como insumo valioso para fortalecer el sistema de gestión de calidad del servicio y promover la mejora continua en Cerrejón Glencore.

4. Diagnóstico final

4.1. Estado actual de los procedimientos

El análisis de los métodos de trabajo vigentes para la aplicación de recubrimientos industriales arrojó que estos presentan deficiencias importantes en su estandarización, ya que se observó una variabilidad considerable en la ejecución de tareas críticas entre diferentes equipos de trabajo, lo que indica una falta de procedimientos operativos estandarizados (SOPs) que estén formalmente documentados y socializados, por ello, la documentación técnica que respalda los procesos es con frecuencia incompleta o desactualizada, dificultando la consulta y la trazabilidad.

De ahí que esto se manifieste en una carencia de registros sistemáticos sobre lotes de pintura, condiciones ambientales durante la aplicación y resultados de inspección por cada componente, lo cual impide un análisis de causa raíz efectivo en caso de fallas, por consiguiente, se detectaron prácticas operativas que no se alinean con normativas internacionales de la industria, como SSPC o ISO, ni con las especificaciones técnicas más recientes proporcionadas por el cliente principal, Cerrejón Glencore, lo que genera un riesgo latente de no conformidad.

4.1.1. Brechas tecnológicas y de materiales

El diagnóstico identificó una brecha tecnológica notable entre las prácticas actuales y el potencial disponible en el mercado, puesto que aunque la empresa utiliza materiales de calidad,

existen oportunidades significativas para integrar recubrimientos de última generación que no se están explotando, esto incluye, por ejemplo, sistemas epóxicos de curado rápido que podrían reducir drásticamente los tiempos de entrega de los componentes, o recubrimientos cerámicos y con nanopartículas que ofrecen una resistencia superior al desgaste y la abrasión en las condiciones extremas de la minería, de modo que la falta de una investigación y desarrollo proactivos en esta área limita la capacidad de la empresa para ofrecer soluciones más innovadoras, eficientes y duraderas, perdiendo una ventaja competitiva clave y la posibilidad de optimizar los costos de mantenimiento a largo plazo para el cliente.

4.1.2. Desconexión operativa entre especificación y práctica

Se detectó una discrepancia preocupante entre las especificaciones técnicas del cliente y la ejecución práctica en el taller, ya que a pesar de que los requisitos del cliente son claros en la documentación contractual, estos no siempre se traducen efectivamente en las instrucciones de trabajo diarias del personal operativo, de modo que esta desviación se origina por una comunicación deficiente de los estándares técnicos y una falta de mecanismos de verificación intermedios, como resultado, se corre el riesgo de entregar componentes cuyo recubrimiento, aunque funcional a corto plazo, no cumple con el espesor, la adherencia o la composición exacta requerida, lo que podría afectar negativamente la calidad final del servicio y reducir la vida útil esperada de los equipos tratados, generando potenciales reclamos de garantía y afectando la confianza del cliente.

4.1.3. Hallazgos sobre la participación del personal operativo

La estrategia de involucrar activamente al personal operativo en la evaluación de los procesos resultó ser muy reveladora, porque a través de sus aportes, se identificaron deficiencias prácticas de gran importancia que no son visibles desde la gestión, de ahí que entre los hallazgos más relevantes se encuentra un desconocimiento generalizado sobre el fundamento técnico de las normativas que rigen su trabajo, asimismo, manifestaron una necesidad urgente de capacitación continua y certificaciones que no solo actualicen sus habilidades técnicas, sino que también refuercen la importancia de seguir los procedimientos al pie de la letra, por otro lado, señalaron que los procedimientos operativos actuales son en ocasiones ambiguos o no reflejan las condiciones reales del trabajo, lo que los obliga a recurrir a prácticas basadas en la experiencia que no siempre están estandarizadas, reforzando la necesidad de una revisión y actualización colaborativa de dichos documentos.

4.1.4. Percepción del cliente y oportunidades de mejora

Aunque no se ha puesto en marcha un sistema formal y periódico, el concepto de medir la percepción del cliente se identificó como un área de oportunidad de gran relevancia, ya que la información preliminar sugiere que, si bien el cliente puede estar satisfecho con el resultado final en términos generales, existen áreas de mejora significativas en la gestión del servicio, de modo que aspectos como una comunicación más proactiva sobre el avance de los trabajos, el cumplimiento estricto de los plazos de entrega y la presentación de informes de calidad más detallados y transparentes, como los registros de condiciones ambientales y espesor de película, son factores que pueden elevar la percepción de valor, por ende, la aplicación de métodos como encuestas de satisfacción y entrevistas de seguimiento puede proporcionar datos muy valiosos

para afinar la estrategia de servicio, fortalecer la relación comercial y pasar de ser un simple proveedor a un socio estratégico para el cliente.

5.Conclusiones

Resulta de suma importancia la modernización de los procesos técnicos y del plan de calidad, ya que es un requisito clave adaptar los procedimientos de recubrimiento para poder cumplir con las normativas vigentes y los requisitos específicos del cliente, Cerrejón Glencore, de modo que la integración de nuevos materiales y tecnologías no solo prolongará la vida útil de los equipos, sino que también mejorará los flujos de trabajo, lo cual exige un plan de calidad sólido que garantice el control, el seguimiento y la verificación rigurosa de cada etapa.

En este sentido, el capital humano capacitado es el eje central para la mejora operativa, puesto que el éxito y la sostenibilidad del servicio dependen directamente del personal técnico, por ello, su participación es de gran relevancia, no solo para ejecutar las tareas de manera eficiente y responsable, sino también para aportar su experiencia práctica en el diseño y ajuste de procedimientos.

Con el fin de asegurar que estos sean realistas y efectivos en el campo, por otro lado, la evaluación de la satisfacción del cliente debe ser un pilar estratégico, de ahí que la puesta en marcha de un mecanismo formal para medir la percepción del cliente sea un elemento vital para la mejora continua, porque con este enfoque es posible identificar con precisión las debilidades del servicio, fortalecer la relación comercial y alinear las operaciones de la empresa con las expectativas reales del cliente, asegurando así la competitividad a largo plazo.

6.Recomendaciones

Actualiza y corrige todas las formas de aplicar cubiertas, usando los nuevos avances del mundo actual y poniéndolos bien con las normas globales y lo que dice el cliente.

Revisa el Plan de Calidad, agregando pistas claras, modos para examinar y métodos precisos que aseguran seguir bien lo técnico y escrito.

Mejorar los cursos para empleados, poniendo atención en normas técnicas, nuevos modos de recubrir y una cultura sobre buena calidad.

Usar una manera constante de retroalimentación del cliente, con encuestas, charlas y seguimiento para ver si están contentos y solucionar rápido los problemas.

Existen formas de revisión interna que hacen chequeos regulares en el trabajo de los pasos y garantizan que se cumplen las normas técnicas; y también toman acciones para arreglar o frenar errores a tiempo.

Referencias

AkzoNobel. (2024). Interthane® 990 (Normas ASTM D4587 / ISO 16474-3).

https://international.brand.akzonobel.com/m/2a7bc2f796297109/original/Interthane_990_spa_usa_LTR_20221020.pdf

ASTM International. (2017). ASTM D3359-17: Standard test methods for rating adhesion by tape test. <https://www.astm.org/d3359-17.html>

ASTM International. (2021). ASTM D4541-21: Standard test method for pull-off strength of coatings using portable adhesion testers. <https://www.astm.org/d4541-21.html>

Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA). (s.f.). Página oficial. <https://www.anla.gov.co/>

Congreso de la República de Colombia. (1993). Ley 55 de 1993: Por la cual se dictan normas sobre sustancias químicas.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=37687>

González Guzmán, E. (2006). *Elaboración del manual de gestión ambiental para una empresa que elabora y comercializa pinturas* [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral]. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/13587>

International Paint – AkzoNobel. (2024). Protective coatings for mining & heavy equipment.

<https://www.international-pc.com>

Ministerio de Ambiente de Colombia. (1993). Ley 99 de 1993: Normas ambientales, Colombia.

<https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/08/ley-99-1993.pdf>

Ministerio de Trabajo. (2015). Decreto 1072 de 2015: Normas de seguridad y salud en el trabajo.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=72173>

Ministerio de Trabajo. (2023). Resolución 2851 de 2023: Normas de seguridad y salud en el

trabajo. <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=153457>

NACE International. (2018). NACE SP0178-2018: Design, fabrication, and surface finish

practices for immersion service. <https://www.nace.org>

Organización Internacional de Normalización (2014). ISO 55000:2014 - Asset management –

Overview, principles, and terminology. <https://www.iso.org/standard/55088.html>

Organización Internacional de Normalización (2015). ISO 14001:2015 - Environmental

management systems — Requirements with guidance for use.

<https://www.iso.org/standard/60857.html>

Organización Internacional de Normalización (2018). ISO 12944-5:2018 - Paints and varnishes
— Corrosion protection of steel structures by protective paint systems — Part 5:
Protective paint systems. <https://www.iso.org/standard/67207.html>

Organización Internacional de Normalización. (2018). ISO 12944-5:2018 – Paints and varnishes
— Corrosion protection of steel structures by protective paint systems — Part 5:
Protective paint systems. <https://www.iso.org/standard/67207.html>

Pintuco. (2019a). Epoxy zinc primer 10055/10056/13267 (Normas ISO 12944-5, SSPC Paint 20
tipo II). <https://www.pintuco.com.co/wp-content/uploads/2019/12/ft-epoxy-zinc-primer-10055-10056-13267.pdf>

Pintuco. (2019b). Epoxi poliamida verde (Norma ASTM D4541).
<https://www.pintuco.com.co/wp-content/uploads/2019/12/FT-EPOXI-POLIAMIDA.pdf>

Pintuco. (s.f.). Interseal 670HS (Norma ASTM D3276).
<https://www.pintuco.com.co/productos/interseal-670-hs/>

PPG Protective & Marine Coatings. (2024). Technical data sheets & product selection guides.
<https://www.ppgpmc.com>

Presidencia de la República / Ministerio de Relaciones Exteriores. (1995). Decreto 1973 de 1995: Normas sobre sustancias químicas. <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Decretos/1379466>

Rumbo Minero. (s.f.). Recubrimientos para la protección de activos mineros.

<https://www.rumbominero.com/peru/noticias/actualidad-empresarial/activos-mineros/>

Society for Protective Coatings (SSPC). (s.f.). Limpieza con chorro abrasivo a metal casi blanco (SSPC-SP 10/NACE No. 2). Aplika.

<https://www.aplika.com.co/publicaciones/publicaciones/limpieza-con-chorro-abrasivo-a-metal-casi-blanco-sspc-sp-10nace-no-2>

SSPC. (s.f.). Preparación de superficies - Norma SSPC. CYM Materiales.

<https://cym.com.ar/intranet/Preparacion-de-superficies-norma-SSPC-granallado-cymmateriales-shotblasting.pdf>