



Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA



Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial, siempre y cuando den crédito y licencia a nuevas creaciones bajo los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0>

UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS Y METALURGIA



**GESTIÓN DE PROYECTOS EN EL CAMBIO DE
COBERTURAS INFERIORES DE LAS FAJAS
TRANSPORTADORAS DE MINERALES – UNIDAD
CERRO LINDO – NEXA 2025**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Desarrollo en ciencias puras, ciencias de la tierra e ingeniería de procesos

TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO DE MINAS**

PRESENTADO POR

BACH. ANDRES ANTONIO ORMEÑO ALMEYDA

ICA – PERÚ

2025



Dedicatoria

A Dios, fuente inagotable de sabiduría y fortaleza, por guiar siempre cada etapa de este camino académico, sosteniéndome con su gracia en los momentos de esfuerzo y dándome la verdadera claridad necesaria para alcanzar esta meta. A mis padres, cuyo amor incondicional, constancia y entrega han sustentado mis aspiraciones, gracias por ser ejemplo de perseverancia, por animarme con firmeza y con paciencia en cada desafío y por mostrarme que la fe, el trabajo honesto y la dedicación convierten en posible cualquier sueño.

Agradecimiento

A la minera y contrata y a su equipo expreso mi más profundo agradecimiento por otorgarme acceso a sus instalaciones, facilitar el soporte logístico y compartir información técnica de alto valor, sin lo cual no habría sido posible ejecutar esta investigación. Su colaboración generosa resultó clave para reforzar la calidad y la solidez del estudio.

A mi familia, mi gratitud por el aliento constante y el apoyo emocional en los momentos más exigentes de este proceso. A mis demás seres queridos, agradezco de corazón su comprensión, su ternura y el haber celebrado conmigo cada logro alcanzado.

Por último, extendiendo mi reconocimiento a todas las personas que aportaron su tiempo, conocimiento o amistad para hacer posible este proyecto. Gracias por ser parte de este importante logro personal y académico.

Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de figuras.....	viii
Resumen.....	x
Abstract.....	xi
I. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Realidad problemática.....	12
1.2. Antecedentes.....	14
1.2.1. Internacionales	14
1.2.2. Nacionales	18
1.3. Bases teóricas.....	22
1.3.1. Gestión de proyectos.....	22
1.3.1.1. Fundamentos conceptuales.....	22
1.3.1.2. Objetivos y alcance	23
1.3.1.3. Características	24
1.3.1.4. Factores internos y externos que influyen	26
1.3.1.5. Etapas	29
1.3.1.6. En actividades mineras	34
1.3.1.7. Construcción y cambio de cobertura de fajas transportadoras	

1.3.1.8.	Metodologías de gestión	41
1.3.2.	Fajas transportadoras.....	43
1.3.2.1.	Fundamentos conceptuales	43
1.3.2.2.	Objetivos y alcance	46
1.3.2.3.	Características	48
1.3.2.4.	Transporte de minerales	50
1.3.2.5.	Coberturas.....	52
1.3.2.6.	Actividad de reforzamiento de estructuras de fajas existentes	55
1.3.2.7.	Actividad de reemplazo de coberturas de fajas metálicas a polycarbonato.....	56
1.4.	Formulación de los problemas	58
1.4.1.	Problema general	58
1.4.2.	Problemas específicos.....	58
1.5.	Justificación	58
1.6.	Objetivos.....	60
1.6.1.	Objetivo general.....	60
1.6.2.	Objetivos específicos.....	60
1.7.	Hipótesis.....	60
1.7.1.	Hipótesis general	60
1.7.2.	Hipótesis específica.....	61
II.	ESTRATEGIA METODOLÓGICA.....	62

2.1.	Lugar de estudio.....	62
2.2.	Tipo de investigación.....	64
2.3.	Nivel de investigación.....	64
2.4.	Diseño de investigación	64
2.5.	Población y muestra	64
2.5.1.	<i>Población</i>	64
2.5.2.	<i>Muestra</i>	65
2.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	65
2.7.	Técnicas de análisis e interpretación de datos	66
III.	RESULTADOS	67
3.1.	Ubicación de zonas	67
3.1.1.	<i>Zona 1</i>	68
3.1.2.	<i>Zona 2</i>	72
3.1.3.	<i>Zona 3</i>	75
3.2.	Ejecución	78
3.2.1.	<i>Preliminares</i>	78
3.2.1.1.	<i>Movilización y desmovilización de equipos y herramientas....</i>	78
3.2.1.2.	<i>Movilización de personal</i>	78
3.2.1.3.	<i>Reforzamiento de estructuras de soporte de cobertores.....</i>	79
3.2.1.4.	<i>Acondicionamiento de área y facilidades.....</i>	79
3.2.1.5.	<i>Habilitación de accesos peatonales.....</i>	80
3.2.2.	<i>Ejecución del montaje</i>	80

3.2.2.1.	<i>Montaje de Andamios</i>	80
3.2.2.2.	<i>Plan de Bloqueo de equipos y energía cero</i>	81
3.2.2.3.	<i>Ejecución de las actividades</i>	83
IV.	DISCUSIÓN	89
V.	CONCLUSIONES	91
VI.	RECOMENDACIONES	92
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93
VIII.	ANEXOS	99
	Anexo N°1: Operacionalización de variables.....	100
	Anexo N° 2: Matriz de consistencia	101
	Anexo N° 3: Contratación del servicio.....	103
	Anexo N° 4: Cronograma	107
	Anexo N° 5: Evidencia fotográfica.....	108

Índice de figuras

Figura 1. <i>Ubicación de zonas fajas 4/5</i>	67
Figura 2. <i>Vista panorámica de ubicación de los tramos para reemplazo de cobertura</i>	68
Figura 3. <i>Zona 1 - Tramo 1</i>	69
Figura 4. <i>Zona 1 - Tramo 2</i>	69
Figura 5. <i>Andamio Layer Modelo 1</i>	70
Figura 6. <i>Andamio Layer Modelo 2</i>	70
Figura 7. <i>Ubicación de toma 220 V conexión domiciliaria ubicado en locotruck 2</i>	71
Figura 8. <i>Ubicación de toma 440 V conexión Menekes ubicado en locotruck 271</i>	
Figura 9. <i>Vista panorámica de ubicación de tramos para reemplazo de cobertura inferior</i>	72
Figura 10. <i>Zona 2 - Tramo 3 – Faja 4</i>	73
Figura 11. <i>Zona 2 - Tramo 4 – Faja 5</i>	73
Figura 12. <i>Zona 2 ubicación Punto de acopio ubicado en la Transferencia faja 4-5</i>	74
Figura 13. <i>Zona 2 Ubicación de toma 440 V/220 V ubicado en la cabeza de la faja 5</i>	74
Figura 14. <i>Vista Panorámica de Ubicación del tramo para reemplazo de cobertura inferior</i>	75
Figura 15. <i>Zona 3- Tramo 5 - Faja 5</i>	75
Figura 16. <i>Vista panorámica de ubicación del tramo para reemplazo de cobertura inferior</i>	76

Figura 17. Zona 4 Tramo 6 - Faja 5.....	76
Figura 18. Zona 4 Ubicación de toma 220 V ubicado en la cabeza de la faja 577	
Figura 19. Zona 4 Ubicación Punto de acopio ubicado en acceso a la faja 6 ..	77
Figura 20. Dimensiones de la cobertura inferior.....	79
Figura 21. Plano de Montaje.....	83
Figura 22. Zona de montaje de andamios.....	84
Figura 23. Señalización de la ubicación de guardas a retirar	84
Figura 24. Plano de Montaje de cobertura	85
Figura 25. Foto actual de cobertura a retirar	85
Figura 26. Ubicación del punto de acopio y acceso hacia la plataforma	86



Resumen

La investigación tiene como objetivo general determinar que la gestión de proyectos influye en el cambio de coberturas inferiores de las fajas transportadoras de minerales – Unidad Minera Cerro Lindo – Nexa 2025. Es un estudio de tipo aplicada, descriptivo, no experimental, la muestra se constituye por las fajas transportadoras F4 y F5 de la Unidad Minera Cerro Lindo, en el año 2025. Las conclusiones confirman que la gestión de proyectos influyó en el cambio de coberturas inferiores en Cerro Lindo. La definición de alcance, la programación con línea base y el control de cambios redujeron variabilidad, aseguraron suministros críticos y sostuvieron ejecución continua y seguridad operacional. En el reforzamiento de estructuras, la integración de matrices de riesgo, criterios de mantenibilidad y coordinación multidisciplinaria mitigó retrabajos y detenciones, estabilizando rendimientos y preservando la integridad estructural. En el reemplazo de coberturas metálicas por policarbonato, la estandarización de materiales y la logística planificada mejoraron accesibilidad e inspección, acortaron intervenciones y elevaron la confiabilidad del sistema y la calidad de terminación. En conjunto, la gobernanza del proyecto, el abastecimiento oportuno y los controles de calidad explican los resultados y constituyen prácticas para institucionalizar en futuras intervenciones, a fin de replicar eficiencias y prevenir desviaciones.

Palabras Claves: *cobertura mecánica, fajas transportadoras, gestión de proyectos.*

Abstract

The overall objective of the research is to determine that project management influences the change in lower covers of mineral conveyor belts – Cerro Lindo Mining Unit – Nexa 2025. It is an applied, descriptive, non-experimental study, and the sample consists of conveyor belts F4 and F5 of the Cerro Lindo Mining Unit in 2025. The conclusions confirm that project management influenced the change in lower coverings at Cerro Lindo. Scope definition, baseline scheduling, and change control reduced variability, ensured critical supplies, and sustained continuous execution and operational safety. In the reinforcement of structures, the integration of risk matrices, maintainability criteria, and multidisciplinary coordination mitigated rework and stoppages, stabilizing performance and preserving structural integrity. In replacing metal roofing with polycarbonate, standardization of materials and planned logistics improved accessibility and inspection, shortened interventions, and increased system reliability and finish quality. Together, project governance, timely procurement, and quality controls explain the results and constitute practices to be institutionalized in future interventions in order to replicate efficiencies and prevent deviations.

Keywords: *mechanical coverings, conveyor belts, project management.*

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En la economía peruana, la minería representa una porción sustantiva y su competitividad depende de la continuidad operativa. En 2024, el subsector minero aportó 9,0% del PBI, explicó 64,2% de las exportaciones y generó 238 860 empleos directos; además, las transferencias por canon y regalías superaron S/ 8,070 millones y la recaudación asociada alcanzó S/ 18,384 millones. Estas magnitudes refuerzan la urgencia de disminuir paradas y cuellos de botella en el transporte interno de minerales. A lo largo de la cadena de valor desde exploración hasta cierre, el sector impulsa proyectos que exigen gestión rigurosa de intervenciones técnicas [1].

En este contexto, el transporte de mineral se identifica como proceso crítico dentro del ciclo productivo. La literatura técnica compara alternativas y, para ciertos escenarios, evidencia ventajas de las bandas/fajas frente a los camiones, un estudio determinó que la banda transportadora fue económicamente más favorable, evitando incorporar flota adicional para atender una demanda creciente [2]. En el Perú, la escala de estos sistemas se observa en reemplazos integrales como el cambio de 15 km de una faja overland, cuyo éxito descansa en la ingeniería de detalle, los empalmes y el vulcanizado, además de una secuencia de trabajos estandarizada.

La evidencia operativa y de mantenimiento establece que la confiabilidad de las fajas condiciona la disponibilidad de planta. En Chile, un plan preventivo sobre nueve cintas registró diversas fallas, identificó dos cintas críticas y señaló un ahorro del 5% respecto a otro tipo de transporte [3]. En otra faena, las causas raíz abarcaron deslizamiento en polea motriz, fricciones excesivas, fallas de

comunicación y operación con contrapeso a piso; el plan de mejora incluyó control de partida lenta, protocolos de sala de control y ajustes mecánicos de fajas [4]. En el Perú, experiencias Overland evidencian baja disponibilidad por mantenimientos no planificados; se propone RCM para elevar MTBF y reducir MTTR [5].

La realidad de estudio en Cerro Lindo plantea intervención bajo gestión de proyectos, el cambio de cobertores inferiores en las fajas #4 y #5 mediante cuatro zonas a distintas alturas (nivel de piso a 20 m), con bloqueo y energía cero, y ventanas de 3 h por día, tres veces por semana (6–9 h y 18–21 h). Incluye reforzamiento estructural y reemplazo de coberturas metálicas por policarbonato, con secuencias de andamiaje, bloqueo y desmontaje por tramo.

El problema consiste en compatibilizar restricciones de tiempo y acceso con continuidad productiva, ventanas limitadas, trabajo en altura y segmentación por zonas incrementan la probabilidad de reprocesos y traslapes con la operación. Las causas probables combinan fallas de comunicación, fricción/deslizamiento y vulnerabilidades en componentes críticos; las consecuencias incluyen pérdidas de disponibilidad y mayor exposición a riesgos de tarea.

Se mantiene un vacío sobre cómo la gestión de proyectos incide específicamente en cambios de cobertores inferiores ejecutados con ventanas de operación restringidas. La investigación es viable por existencia de planes y antecedentes técnicos; es relevante por impacto macroeconómico y en seguridad operacional; y aporta al proponer un enfoque integrado de programación, confiabilidad y control de riesgos para el recambio en Cerro Lindo con mínima afectación productiva. En ese sentido, el estudio abarca aplicar gestión en el encomendado proyecto para el cambio de coberturas de fajas.

1.2. Antecedentes

1.2.1. Internacionales

Fuenmayor Z. [2], en su investigación, el cual plantearon como objetivo: “Elaborar un estudio técnico-económico en la implementación de un sistema de Bandas Transportadoras para el acarreo de estéril en el área de la Mina Paso Diablo Sur, Carbones del Zulia”. Fue una investigación de campo, explicativa, diseño no experimental, observacional. Al término se **concluyó** que:

- El material transportado debe contar con un tamaño máximo de partícula de 600 mm. Durante un horizonte de siete años, la cinta transportadora tendrá que mover un volumen total de 179.412 MM MCB de material estéril. El recorrido de la banda se extiende a lo largo de 5.023,75 m, iniciando en la cota 100 (zona de carga) y finalizando en la cota 90 (punto de descarga). Este trazado se divide en cuatro tramos principales, conectados entre sí mediante estaciones de transferencia.
- Para el diseño planteado, la anchura de la banda es de 2,4 m. En cuanto a las potencias necesarias en cada uno de los segmentos de la cinta, se determinó lo siguiente: en el tramo A-B se requieren 3.744,50 kW; en B-C, 480,30 kW; en C-D, 2.064,20 kW; y en D-E, 809,30 kW. Por su parte, las tensiones de trabajo que aseguran la tensión adecuada de la banda sin generar ondulaciones ni quiebres son las siguientes: 578,00 N/mm en A-B; 74,00 N/mm en B-C; 319,00 N/mm en C-D; y 125,00 N/mm en D-E.

- Para implementar la alternativa de banda transportadora (BT), se propone utilizar 13 camiones, una trituradora, un cargador frontal y un apilador. En cambio, si se opta por la opción de transporte exclusivo con camiones, serían necesarios 22 equipos. Al comparar ambas alternativas mediante un estudio económico, se concluyó que la banda transportadora presenta un valor presente (VP) de 119 MM US\$, mientras que la flota de camiones arroja un VP de 164 MM US\$, lo que implica una diferencia del 39% a favor de la banda transportadora. Por lo tanto, la BT se posiciona como la alternativa más rentable.

Riveros G. [3], en su investigación el cual planteó como objetivo: “Diseñar un plan de mantenimiento preventivo para cintas transportadoras de la Mina Chépica para evaluar una mejora en la disponibilidad de los equipos”. Fue una investigación, observacional, de campo y descriptivo. Al término el autor concluyó que:

- Se llevó a cabo una evaluación detallada de nueve cintas transportadoras que integran el circuito de chancado de la planta, examinando a fondo sus componentes y los modos de falla presentados. A partir de este diagnóstico, se elaboró una base de datos con el registro histórico de averías durante el periodo de estudio, lo cual permitió aplicar un análisis de criticidad de Pareto (80-20). El resultado reveló que más del 50% de las fallas totales se relacionan con problemas de lubricación, tendencia observada en todas las cintas analizadas. Esta situación se atribuye a la baja frecuencia de aplicación de lubricantes y a la contaminación por

polvo minero en el ambiente, que altera la composición del lubricante y reduce o elimina sus propiedades protectoras.

- Dentro de las nueve cintas inspeccionadas, se identificaron dos unidades las etiquetadas como 8 y 1A con mayor criticidad. A estos equipos se les realizó un Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF), donde se describió detalladamente cada componente, los posibles modos de falla y sus efectos sobre el sistema. Para cada modo de falla se asignaron puntuaciones de gravedad, ocurrencia y detectabilidad; aquellos que superaban la cifra de 80 puntos se consideraron de alto riesgo. En ambos casos, el modo de falla calificado como de máximo riesgo correspondió al deterioro de la botonera de emergencia. Según el responsable de mantenimiento, dichos botones fallaban al activarse debido a problemas en los contactos internos y externos, provocados por la acumulación de polvo minero. Como contramedida, se recomendó instalar carcasas de acrílico o vidrio sobre cada botonera, con el fin de impedir la entrada de partículas y asegurar el correcto funcionamiento del sistema de detención de emergencia, salvaguardando así la integridad del personal.
- Dado que la empresa proyecta duplicar la producción mensual de 5 000 a 10 000 toneladas, resulta fundamental implementar un plan de mantenimiento preventivo a futuro. Esto facilitará la toma de decisiones del equipo a cargo, permitirá una organización más eficiente de los registros de fallas de la planta y contribuirá a

mantener una producción continua, al tiempo que se protege la seguridad de los trabajadores.

Acuña C. [4], en su investigación el cual planteó como objetivo: “Proponer un plan integral de mejora para la correa transportadora CV-004 en la operación minera Spence, ubicada en la región Antofagasta”. Asimismo, fue una investigación, descriptiva, cuantitativa, técnicas de la observación.

Al término el autor **concluyó** que:

- Al analizar la mejora propuesta para la correa transportadora CV-004, se concluye que reemplazar el núcleo de nylon por uno de acero reduce la elongación del cinturón en un 1,9%, evitando así deslizamientos sobre las poleas y, en última instancia, previniendo fallas graves en el sistema.
- Al comparar los costos asociados con este cambio de correa, se confirma que la inversión de 10.692 US\$ resulta rentable, puesto que las 115,18 horas de paro en la planta durante 2023 implicaron pérdidas por 10.734 MUS\$. Considerando que la implementación de la mejora otorgaría un beneficio estimado en un 80 %, se proyecta un incremento en las ganancias de 8.587 US\$ para el año 2024.
- La confiabilidad del equipo, que constituye un indicador clave de desempeño en mantenimiento, disminuyó en un 15,7% tras las 115,18 horas de inactividad. Con la aplicación del plan de mejora, se espera recuperar la confiabilidad promedio del equipo hasta un 97,9%.

- En lo relativo a la seguridad del personal que labora en el área, este aspecto no puede cuantificarse monetariamente; sin embargo, las personas y su capital intelectual representan el activo más valioso de la empresa, por lo que su protección debe priorizarse independientemente de los costos o inversiones requeridos.
- En consecuencia, el plan de mejora para la CV-004 ofrece beneficios tanto en seguridad de los trabajadores como en la integridad de los equipos, al mismo tiempo que incrementa los indicadores productivos y las utilidades de la planta de proceso, todo ello con una inversión relativamente baja.

1.2.2. Nacionales

Granda J. [6], en su investigación el cual planteó como objetivo: “Exponer el cambio total de la faja transportadora después de 30 empalmes en piso vulcanizados en caliente, faja con alma de cable de acero en la empresa Las Bambas S.A. con el fin de aumentar productividad y evitar paradas no programadas en faja CVB-004”. Asimismo, fue un trabajo de suficiencia profesional. Al término concluyó que:

- En este estudio se presentó un análisis detallado de las cintas transportadoras, distinguiendo sus dos categorías principales: las de cable y las de lona.
- Se llevó a cabo un examen exhaustivo de las técnicas de empalme de bandas, comparando los procesos de vulcanizado con los métodos de uniones mecánicas.

- Se enfatizó la necesidad de incorporar sistemas de seguridad integrales en las cintas transportadoras, tanto durante su operación continua como en las labores de mantenimiento.
- Se identificó que factores como la altura de elevación, el peso de la carga y el tamaño de las partículas transportadas son determinantes al momento de seleccionar o reemplazar una cinta transportadora.
- Finalmente, se constató que las cintas transportadoras se han posicionado como la opción predominante para el manejo de materiales a granel, gracias a ventajas inherentes como su rentabilidad, seguridad operativa, alta confiabilidad, versatilidad y un rango prácticamente ilimitado de capacidades de carga.

Pérez P. [5], en su investigación el cual planteó como objetivo: “Desarrollar planes de Mantenimiento para la faja Overland del área de Chancado mediante la Implementación de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para la mejora de la disponibilidad, con el propósito de lograr incremento de la producción, y reducción de costos por mantenimiento”. Asimismo, fue una investigación de tipo observacional, descriptivo, cuantitativo. Al término el autor concluyó que:

- De este estudio se desprende que, mediante la elaboración de planes de mantenimiento bien estructurados, es posible conservar los equipos en óptimas condiciones y anticipar las fallas antes de que ocurran. De este modo, se reducen las horas dedicadas a

reparaciones y, en consecuencia, se incrementa la disponibilidad operativa de cada activo.

- Es frecuente que diversas empresas fracasen en la implementación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) por carecer de un consultor especializado. La figura de este experto resulta esencial tanto para la formación del personal de MCP como para guiar la fase de puesta en marcha de la metodología. Su presencia evita retrasos derivados de conflictos de criterio entre los integrantes del equipo multidisciplinario y resuelve dudas en tiempo real durante el proceso de implementación.
- Al adoptar las estrategias propias del RCM, se sigue una secuencia de pasos que permite diseñar planes de mantenimiento ajustados a las necesidades reales de los activos. Tal como se evidencia en el estudio, no se trata únicamente de ejecutar tareas de reacondicionamiento o sustituciones periódicas; también se contemplan tareas orientadas a operar el equipo hasta el umbral de falla y actividades basadas en la condición. Para definir correctamente todas estas intervenciones, es imprescindible contar con un equipo multidisciplinario que reúna amplia experiencia práctica y sólidos conocimientos teóricos en sus respectivas especialidades. Este criterio resulta fundamental para asegurar el éxito de la metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.

Alcocer B. y Yauri E. [7], en su investigación el cual plantearon como objetivo: “mejorar la capacidad de la faja transportadora Overland de mineral grueso en la Compañía Minera Antapaccay”. Asimismo, fue una investigación preexperimental, técnicas de campo. Al término los autores concluyeron que:

- Entre las alternativas consideradas se encuentran, en primer lugar, la optimización técnica de los motores de accionamiento, lo cual implica incrementar la potencia en la Faja de Sacrificio y en la Faja Overland. En segundo lugar, se plantea elevar la velocidad operativa de la Faja Overland. Sin embargo, esta última opción conlleva riesgos notables: al aumentar la velocidad, se incrementa la probabilidad de sufrir daños físicos en la propia banda o en los componentes móviles asociados, así como una reducción en la vida útil del sistema.
- Adicionalmente, se sugiere destinar recursos a la instalación de recubrimientos de goma inflables, el abastecimiento de forros protectores y la implementación de un sistema de resguardo para el cable portador. También se recomienda aplicar un recubrimiento específico a la polea y llevar a cabo la programación y puesta en marcha del Controlador Lógico Programable de Siemens, entre otras acciones de soporte técnico.

1.3. Bases teóricas

1.3.1. Gestión de proyectos

1.3.1.1. Fundamentos conceptuales

Según el PMI, “un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único” define a un proyecto. Es temporal porque cuenta con un inicio y un fin definidos, y es único porque su resultado difiere de las operaciones rutinarias. Por su parte, la gestión de proyectos es “la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del mismo”. Lo anterior exige aplicar buenas prácticas y metodologías para planificar, ejecutar y controlar proyectos de manera eficaz. Entre los conceptos fundamentales se encuentran el alcance, el tiempo y el costo, conocidos como la triple restricción o triángulo de hierro de la gestión de proyectos. Según la teoría clásica, cualquier proyecto está limitado por estas tres variables interdependientes: alcance, plazo y presupuesto; modificar una afecta a las otras dos [8].

Un proyecto minero se concibe como un esfuerzo planificado, temporal y único, cuya gestión, estructurada, procura que la entrega se realice a tiempo, dentro del presupuesto y con el alcance y la calidad requeridos. Este marco fundamenta la adopción de metodologías internacionales, por ejemplo, las guías del PMI adaptadas al contexto específico del proyecto. Asimismo, desde el inicio del ciclo de vida se establecen con claridad los objetivos y entregables esperados, los criterios de éxito, junto con los supuestos y las restricciones del proyecto. Por otra parte, los proyectos exhiben progresiva elaboración los detalles se precisan conforme avanza

y una incertidumbre inherente, más marcada en entornos complejos como la minería. En este marco, el gestor de proyectos debe equilibrar estas restricciones para alcanzar la calidad y los objetivos previstos [9].

1.3.1.2. Objetivos y alcance

El objetivo primordial de la gestión de proyectos es culminar el proyecto de manera satisfactoria, entregando los resultados esperados conforme a criterios de alcance, costo, tiempo, calidad, seguridad y demás parámetros acordados. En términos generales, ello supone finalizar a tiempo, dentro del presupuesto y con el alcance definido, cumpliendo estándares de calidad y las expectativas de las partes interesadas (cliente, usuarios, patrocinador, etc.). Para ese fin, la gestión de proyectos integra procesos que abarcan la planificación detallada del trabajo, la organización de los recursos, la dirección del equipo y el monitoreo constante del progreso. Además, el alcance de la gestión de proyectos comprende el conjunto de tareas y entregables incluidos en el proyecto (alcance del producto y del proyecto) y, de manera complementaria, el ámbito de aplicación de las prácticas de gestión dentro de la organización involucrada [10].

Evitar la expansión no controlada del alcance (*scope creep*) exige, ante todo, definir con claridad qué está y qué no está incluido en el proyecto. En proyectos mineros, los objetivos típicos pueden considerar, por ejemplo, construir o implementar cierta infraestructura (cambio de las coberturas inferiores de fajas transportadoras) garantizando mejoras en seguridad operativa y cumplimiento normativo, dentro de un cronograma que minimice la interrupción de las operaciones mineras. El alcance debe

delimitar las áreas de trabajo (tramos de faja a intervenir, tipos de coberturas a reemplazar), los recursos asignados (personal, maquinaria, materiales) y los criterios de aceptación (coberturas instaladas según especificaciones técnicas y estándares de seguridad) [10].

En suma, los objetivos de la gestión de proyectos mineros se concentran en entregar el proyecto con éxito, maximizando el valor para la empresa (mejorar la eficiencia del transporte de mineral) y minimizando impactos negativos, mientras que el alcance delimita el trabajo a realizar y orienta los esfuerzos del equipo de proyecto.

1.3.1.3. Características

Los proyectos exhiben un conjunto de características esenciales que inciden en su gestión, como tales [11], [12]:

- Primero, temporalidad: todo proyecto posee una duración finita, con fecha de inicio y fin definidas. Esta condición conlleva que los proyectos transiten por distintas fases a lo largo de su ciclo de vida (ver siguiente sección).
- Segundo, unicidad: cada proyecto genera entregables únicos (un resultado distintivo); para un proyecto de cambio de coberturas de faja, el entregable singular sería la faja transportadora con sus nuevas coberturas inferiores instaladas y operativas. Aun cuando existan antecedentes similares, las condiciones específicas (ubicación, contexto operacional, equipo humano) hacen que cada proyecto sea único.
- Tercero, elaboración progresiva: la planificación del proyecto se precisa conforme se incorpora más información, lo que permite

afinar estimaciones de tiempo y costo. Esta característica demanda flexibilidad y revisiones constantes del plan de trabajo.

- Cuarto, multidisciplinariedad: los proyectos convocan diversas áreas de conocimiento y especialidades. En un proyecto minero, por ejemplo, participan ingeniería civil, mecánica, eléctrica, gestión ambiental, seguridad industrial y gestión social, entre otras; el director de proyecto coordina equipos multidisciplinarios y alinea sus esfuerzos.
- Quinto, riesgo e incertidumbre: por definición, un proyecto conlleva riesgos (eventos o condiciones inciertas que pueden afectar los objetivos); en minería, la incertidumbre puede originarse en condiciones geotécnicas, climáticas, logísticas o sociales. De ahí la necesidad de una gestión de riesgos proactiva para identificar, analizar y responder (planificar medidas para trabajar bajo lluvia intensa durante el cambio de coberturas, o manejar la posible oposición de trabajadores al parar la faja transportadora).
- Sexto, cambio y creación de valor: los proyectos se emprenden para generar un cambio beneficioso en la organización; en el caso considerado, reemplazar coberturas inferiores busca añadir valor al mejorar la seguridad y la eficiencia del transporte de mineral. La gestión de proyectos en minería se orienta a asegurar que ese valor (menor generación de polvo, mayor vida útil de la faja, cumplimiento de estándares) se materialice al cierre del proyecto.
- Finalmente, los proyectos se desarrollan en entornos organizacionales específicos; por ello, factores internos como la

cultura de la empresa, la estructura organizativa (funcional, matricial o proyectizada) y la madurez en gestión de proyectos incidirán en su conducción, mientras que factores externos del entorno (mercado de metales, normativas, comunidades locales) pueden condicionar sus características. En conjunto, estas notas determinan la complejidad de la gestión y justifican la adopción de metodologías y herramientas especializadas para conducir los proyectos al éxito.

1.3.1.4. Factores internos y externos que influyen

En gran medida, el desempeño de un proyecto queda condicionado por factores internos propios de la organización y del proyecto y por factores externos del entorno, en sentido amplio. Entre los internos, destacan [12], [13], [14]:

- el alineamiento estratégico: un proyecto minero ha de guardar coherencia con la estrategia corporativa. Si, por ejemplo, el plan estratégico de la compañía privilegia seguridad y sostenibilidad, iniciativas como el cambio de coberturas de fajas recibirán mayor respaldo y prioridad. Un proyecto alineado aporta valor al negocio y aumenta la probabilidad de obtener los recursos necesarios.
- los recursos organizacionales: disponibilidad de capital, personal competente, tecnología apropiada y experiencia acumulada. Una empresa con equipos formados en gestión de proyectos (certificaciones PMP) y con políticas claras (PMO establecida) enfrentará menos barreras internas.

- la cultura y la estructura organizacional: en organizaciones muy jerarquizadas o funcionales puede surgir resistencia al cambio o silos que obstaculicen la comunicación interáreas; por el contrario, en culturas colaborativas y de mejora continua resulta más viable implementar proyectos transversales y coordinados.
- el liderazgo y el apoyo de la alta gerencia: los proyectos exitosos suelen contar con un patrocinador o alta dirección comprometida que remueve obstáculos y brinda soporte (financiero, político) sostenido durante la ejecución.
- la gestión interna de interesados: trabajadores de la mina, supervisores y gerentes implicados deben estar informados y participar; su colaboración es clave para coordinar paradas de planta, reasignar personal o adoptar nuevos procedimientos vinculados con el proyecto.

Por su parte, influyen factores externos como [14]:

- las condiciones del mercado y económicas; por ejemplo, las fluctuaciones en los precios de los metales pueden incidir en la disponibilidad presupuestal o en el sentido de urgencia del proyecto. En fases de precios altos, las empresas mineras generan mayor caja para invertir, mientras que en ciclos bajos podrían recortar o postergar iniciativas no esenciales.
- La regulación y normativa gubernamental: en Perú rigen exigencias legales de seguridad y salud ocupacional (DS-024-2016-EM y DS-023-2017-EM) y ambientales que obligan a introducir mejoras. Un cambio normativo puede forzar la ejecución de proyectos (si una

nueva norma requiriera encapsular completamente las fajas para control de polvo). De hecho, la modificación del Reglamento de Seguridad Minera de 2017 enfatiza el control de polvo y la implementación de programas de mantenimiento en fajas transportadoras, lo cual incide de modo directo en proyectos de mejora de coberturas.

- Las condiciones climáticas y geográficas: en minería superficial, factores como lluvias estacionales, temperaturas extremas o altitud pueden afectar la planificación y la ejecución. Así, en la sierra peruana las lluvias (diciembre–marzo) podrían dificultar trabajos de soldadura o pintura en estructuras de faja, haciendo necesario ajustar el cronograma a épocas secas.
- Los factores sociales y comunitarios: todo proyecto minero se inserta en un entorno social; relaciones comunitarias frágiles o conflictos pueden generar bloqueos o protestas que detengan actividades (riesgo extrínseco relevante). A la vez, la aceptación de proyectos de mejora ambiental (como cubrir fajas para reducir polvo) suele ser favorable entre comunidades y autoridades locales.
- Los proveedores y contratistas externos: la disponibilidad y confiabilidad de contratistas especializados (por ejemplo, empresas proveedoras de coberturas de policarbonato o de servicios de montaje) impacta plazos y costos. Retrasos en la cadena de suministro (importación de componentes, logística) o un

desempeño deficiente de un contratista son contingencias externas que el gestor debe monitorear.

1.3.1.5. Etapas

Todo proyecto transita por una secuencia de etapas o fases, desde la concepción hasta la conclusión; a ese itinerario se denomina ciclo de vida. Según distintas metodologías, el ciclo comprende entre cuatro y cinco fases principales. Una clasificación habitual incluye inicio, planificación, ejecución, monitoreo/control frecuentemente integrado a la ejecución y cierre. En este trabajo se resaltan cuatro etapas clave: planificación, preparación de campo, ejecución y cierre, ajustadas a la naturaleza de un proyecto de cambio de coberturas en una faja transportadora minera.

A. Planificación: constituye la fase inicial y vertebral en la que se construye el plan del proyecto. Abarca la delimitación minuciosa del alcance (qué coberturas se sustituirán y las especificaciones técnicas de las nuevas), la confección del cronograma (secuencia de actividades, duración y fechas, con consideración de ventanas de mantención o paradas de planta), la estimación de costos y la formulación del presupuesto, así como la planificación de la gestión de riesgos, comunicaciones, calidad y adquisiciones, entre otras áreas. En este tramo se determinan los recursos requeridos (personal, equipos, materiales) y se organiza el equipo del proyecto definiendo roles y responsabilidades [15].

En un proyecto minero, además, se programa la coordinación con operaciones, como, decidir si será imprescindible detener la faja transportadora y por cuánto tiempo, o si es factible intervenir en

paralelo con la faja en operación parcial. Se tramitan permisos internos y externos. Un plan sólido incorpora indicadores de desempeño (hitos, entregables) y planes de contingencia frente a riesgos identificados. En esta etapa se elabora primero un cronograma de alto nivel y luego se depura hasta un programa detallado de actividades. Se emplean herramientas como diagramas de Gantt y el análisis de ruta crítica (CPM) para optimizar la secuencia de tareas e identificar las actividades críticas

B. Preparación de campo: En proyectos industriales y mineros se contempla, antes de la ejecución principal, una etapa específica de preparación de sitio o campo. Comprende todas las acciones necesarias para dejar listas las condiciones de la obra. Para el cambio de coberturas de faja, esta fase puede abarcar: fabricación o pre-ensamblaje de las nuevas coberturas en taller, traslado de materiales y equipos a la zona de trabajo en la mina, instalación de andamios o plataformas de trabajo seguro a lo largo de la faja (considerando que las fajas pueden ser elevadas), implementación de señalización y barreras en el área (para aislarla del tránsito normal de la mina), capacitación de los trabajadores en procedimientos de seguridad específicos, y, en general, los preparativos logísticos, con responsables asignados y tiempos definidos [15].

En esta misma fase se realiza el saneamiento documental, se verifica que existan las autorizaciones requeridas, como el permiso de trabajo, la IPERC (identificación de peligros y evaluación de

riesgos) específica para el cambio de coberturas, y que todos los involucrados conozcan el plan, conforme a procedimientos internos y normativa. La preparación de campo es crucial en minería, pues con frecuencia la ejecución debe realizarse en tiempos acotados (aprovechando paradas programadas) [15].

Por eso, tener todo dispuesto (materiales precortados, cuadrillas entrenadas, equipos posicionados) antes de detener la faja acelera la etapa siguiente. Asimismo, se suele inspeccionar el estado de la estructura existente: por ejemplo, revisar la faja transportadora, sus soportes y componentes, para detectar la necesidad de refuerzos o reparaciones previas al montaje de las nuevas coberturas, alineados al plan de trabajo. Cualquier ajuste requerido idealmente se planifica y, si es posible, se ejecuta con antelación o en paralelo, sin afectar la operación [16].

C. Ejecución: corresponde a la fase en la que se materializan las tareas previstas para entregar los resultados del proyecto; es, en rigor, la etapa de construcción o de implementación. Para el caso ilustrativo, la ejecución abarca el retiro de coberturas inferiores antiguas de la faja (si existían), la colocación de los nuevos paneles o capotas de cobertura (metálicas o de policarbonato) a lo largo de la faja transportadora y las labores vinculadas (ajuste de estructuras, soldadura o atornillado de soportes, pintura de protección, etc.) [16].

Durante esta fase, el gestor de proyecto dirige y coordina al equipo, velando por la estricta observancia de planos, especificaciones y

procedimientos de seguridad. Asimismo, administra el tiempo con eficiencia: si la faja transportadora permanece detenida, minimizar la indisponibilidad resulta crítico para no impactar la producción minera. Se pueden aplicar técnicas como el fast-tracking o el trabajo en paralelo de múltiples frentes (varios tramos de faja intervenidos simultáneamente), siempre que la seguridad lo haga viable [17].

El monitoreo y control opera en tiempo real, seguimiento del avance frente al cronograma, verificación de costos incurridos frente al presupuesto, control de calidad (inspecciones de montaje, ensayos cuando corresponda) y gestión activa de riesgos y problemas. Si en plena ejecución se advierte que ciertas piezas de cobertura no encajan correctamente, se activa un plan de respuesta (ajuste in situ o uso de repuestos). La comunicación resulta clave: informar a la supervisión de mina sobre progresos o retrasos y coordinar interferencias eventuales (por ejemplo, una detención adicional de una chancadora si la faja la alimenta). En proyectos bien conducidos, se registran actas diarias de obra, se controlan permisos y se vigila que no ocurran incidentes [17].

Un rasgo central en minería es el control de cambios, durante la ejecución pueden surgir solicitudes de modificación (por ejemplo, extender la cobertura a otro tramo no previsto o cambiar el material de fijación). Esos cambios deben evaluarse por su impacto en costo y tiempo y aprobarse formalmente antes de aplicarse, bajo

un procedimiento de gestión de cambios integrado al sistema de calidad del proyecto [17].

- D. Cierre: es la etapa final del proyecto, frecuentemente subestimada pero de gran importancia para consolidar los resultados y obtener las lecciones aprendidas. En la fase de cierre, el equipo comprueba que la totalidad de los entregables ha sido concluida y que cada uno cumple los criterios de aceptación establecidos. Para un proyecto de cambio de coberturas de faja, esta verificación comprende inspeccionar toda la longitud de la faja a fin de asegurarse de que las nuevas coberturas inferiores estén correctamente instaladas, firmes, sin interferencias con rodillos u otros elementos móviles, y que proporcionen la protección esperada [16].

Se obtiene la aceptación formal del cliente o usuario en este caso, el área de Operaciones y Mantenimiento de la mina mediante un acta de entrega o conformidad de obra. Asimismo, se consolida la documentación fina. En paralelo, se ejecuta el cierre administrativo: liquidación de contratos con proveedores o contratistas (verificando que todos los pagos y obligaciones hayan quedado resueltos), archivo ordenado del conjunto documental del proyecto (contratos, permisos, reportes de seguridad, certificados de calidad de materiales, registros fotográficos de antes y después, etc.) y elaboración del informe final. En dicho informe se sintetiza el cumplimiento de objetivos, el análisis de causas de aciertos o problemas y la extracción de lecciones aprendidas. Registrar estas

lecciones forma parte de la mejora continua organizacional (lo exige el principio de mejora continua en PMBOK y las normativas ISO de gestión) [17].

El cierre también contempla la liberación del personal del proyecto para su retorno a funciones regulares o asignación a nuevas iniciativas, junto con el reconocimiento de sus aportes aspecto relevante para el clima laboral. Finalmente, se asegura la correcta transferencia a la operación de cualquier asunto pendiente; por ejemplo, si quedó definido un plan de mantenimiento de coberturas (limpieza periódica, inspección de pernos), este debe integrarse al sistema de mantenimiento de planta de la mina. Con ello, el proyecto se considera concluido. En resumen, la fase de cierre formaliza la terminación ordenada, garantiza que la organización minera reciba todos los beneficios y la documentación del proyecto, y deja disponible el conocimiento adquirido para su uso futuro [16].

1.3.1.6. En actividades mineras

En el sector minero, la gestión de proyectos cobra relevancia particular por la escala, la complejidad y los riesgos de las operaciones. La minería superficial demanda grandes inversiones de capital, plazos de desarrollo extensos y el cumplimiento de rigurosos estándares de seguridad y medio ambiente. Para asegurar una ejecución correcta, toda actividad minera significativa desde construir una nueva mina y ampliar una planta concentradora hasta, en menor escala, sustituir componentes críticos como las fajas transportadoras debe conducirse como proyecto [18].

En las últimas décadas, la industria minera ha visto crecer de forma sustancial las inversiones destinadas a proyectos. En Perú, desde los años 1990 se han impulsado proyectos mineros de magnitudes cada vez mayores, que incorporan infraestructuras como enormes tajos a cielo abierto, plantas de procesamiento y depósitos de relaves, lo cual exige un control estricto de costos y plazos. La gestión de proyectos mineros enfrenta desafíos específicos: estándares técnicos elevados, entornos operativos remotos (a gran altitud o en ecosistemas sensibles), necesidad de continuidad operacional (la mina suele seguir produciendo durante la ejecución) y participación de múltiples grupos de interés (accionistas, comunidades, reguladores). La minería a cielo abierto es una actividad de alta complejidad y riesgo, que “demanda una gestión eficiente para maximizar la productividad y minimizar los impactos negativos”. En consecuencia, las herramientas de la gerencia de proyectos (planificación, control, gestión de riesgos, calidad, etc.) resultan indispensables para alcanzar operaciones mineras sostenibles y rentables [18].

En un entorno laboral intrínsecamente riesgoso (uso de explosivos, maquinaria pesada, superficies inestables, etc.), el cumplimiento de la normativa de seguridad y salud ocupacional es un aspecto clave de las actividades mineras. En Perú existe un Reglamento específico (D.S. 024-2016-EM modificado por D.S. 023-2017-EM) que fija obligaciones estrictas para los titulares mineros en la gestión de riesgos y en la ejecución segura de los trabajos. Entre las exigencias se incluyen implementar sistemas de gestión de seguridad, capacitar al personal, inspeccionar y mantener equipos como fajas transportadoras, e incluso

disposiciones detalladas como contar con dispositivos de parada de emergencia a lo largo de toda faja transportadora instalada. La Ley 29783 de Seguridad y Salud en el Trabajo igualmente refuerza que todos los sectores (incluida la minería) deben promover una cultura de prevención de riesgos en cada proyecto o actividad laboral. En la práctica, gestionar un proyecto minero implica integrar en el plan todos los controles necesarios: análisis de riesgos (IPERC) por tarea, medidas de control (EPP, señalización, protocolos) y supervisión especializada en seguridad. Muchos proyectos mineros incorporan a un ingeniero de seguridad como miembro del equipo para asegurar el cumplimiento normativo durante la ejecución. El énfasis en la seguridad no solo responde a una obligación legal y ética, sino que incide directamente en el éxito del proyecto: un accidente grave puede paralizar operaciones y acarrear sanciones, con retrasos y sobre costos considerables [18].

En proyectos mineros, la gestión ambiental constituye un rasgo diferenciador. Las operaciones están sometidas a Estudios de Impacto Ambiental (EIA) y a planes de manejo ambiental. Las iniciativas de mejora como añadir coberturas a una faja suelen inscribirse en compromisos ambientales de la unidad (por ejemplo, reducir la emisión de polvo al entorno). La dirección del proyecto debe garantizar las aprobaciones pertinentes cuando correspondan (en ciertos casos, cambios significativos en instalaciones requieren comunicación o aprobación ante la autoridad ambiental minera). Durante la ejecución, además, se observan estrictamente los controles ambientales en todo momento: gestión de residuos, prevención de derrames (si se usan sustancias

químicas), y control de polvo y ruido en las labores, entre otros, conforme a las normas vigentes [15].

Finalmente, en minería la gestión de proyectos no se restringe a grandes obras, sino que también rige iniciativas de optimización y mantenimiento de mediana envergadura. A modo de ejemplo, el cambio de coberturas inferiores de las fajas constituye un proyecto menor frente a la expansión de una planta concentradora, aunque exige la misma rigurosidad: fijar objetivos (mejorar condiciones de trabajo y reducir polvo), planificar la intervención en coordinación con producción, asignar un presupuesto, contratar especialistas cuando corresponda y verificar que la intervención alcance las mejoras esperadas. Aplicar prácticas de gestión incluso en estos proyectos “pequeños” aporta beneficios como mejor uso de los recursos y menor riesgo de fallos [15].

1.3.1.7. Construcción y cambio de cobertura de fajas transportadoras

En una operación minera, la construcción, modificación o mejora de fajas transportadoras de minerales debe gestionarse cuidadosamente como proyecto. Estos equipos, usualmente en operación continua, trasladan mineral desde frentes de carga o chancadoras hacia otros procesos o acopios y resultan vitales para la producción. Por tal razón, toda intervención mayor como el cambio de coberturas inferiores exige planificación minuciosa que reduzca al máximo las interrupciones y garantice condiciones seguras de trabajo durante la ejecución del proyecto y la operación minera [8].

Aplicando los conceptos previos, un proyecto de cambio de coberturas inferiores de faja se inicia con una planificación que articula múltiples áreas: Mantenimiento (responsable de las fajas) proveerá las especificaciones técnicas y definirá ventanas de mantenimiento; Operaciones mina/planta coordinará paradas y asegurará stock de mineral si fuera necesario detener el transporte; y Seguridad y Medio Ambiente fijará requisitos legales y medidas preventivas (cumplimiento del D.S. 023-2017-EM se implementarán sistemas contra polvo y procedimientos seguros) travimus.com. Un cronograma típico puede programar la ejecución durante una parada de planta prevista (si la faja alimenta la concentradora) o escalonar el cambio por tramos a lo largo de varios días, evitando un mayor impacto en la producción [19].

Durante la etapa de preparación de campo se realizan inspecciones estructurales de la faja existente. En operaciones antiguas, numerosas fajas pueden exigir el reforzamiento de sus estructuras de soporte antes de instalar coberturas nuevas, sobre todo cuando estas incrementan el peso o la superficie expuesta al viento. Por ejemplo, en distintos proyectos mineros se ha debido reforzar vigas metálicas de soporte y bases (zapatas) de las estaciones de faja transportadora para montar coberturas continuas a lo largo de varios cientos de metros. Estos refuerzos aseguran la estabilidad y la capacidad de carga de la estructura con las nuevas coberturas. Asimismo, se audita el sistema de iluminación de la faja y, de ser necesario, se incorporan puntos de luz adicionales, ya que una vez completamente cubierta podría quedar en penumbra si carece de iluminación interna (la norma exige niveles mínimos de 300 lux en pasillos

y áreas de tránsito travimus.com). En paralelo, se coordina la logística de materiales: las coberturas nuevas (metálicas galvanizadas o paneles de policarbonato) deben estar disponibles en sitio, dimensionadas con precisión según el ancho de la faja y con sus herrajes, de modo que la instalación resulte fluida [20].

Durante la ejecución del proyecto, la seguridad y salud ocupacional constituye un aspecto crítico. Las fajas transportadoras suelen ubicarse en altura o en tramos elevados; el personal debe intervenir en esos tramos usando líneas de vida, arneses y pasarelas. Según el reglamento minero, “en los caminos peatonales donde se requiera que trabajadores caminen a lo largo de fajas elevadas se construirán barandas de seguridad apropiadas”. Este requisito se cumple antes de iniciar trabajos. Además, la energía de la faja (motor eléctrico) debe permanecer bloqueada y etiquetada durante la intervención para evitar arranques accidentales, siguiendo procedimientos de bloqueo (esto también está normado) [21].

Para restituir la operación en el menor tiempo posible, cuando se impone detener la faja, el proyecto concentra esfuerzos en ejecutar la intervención en tiempo récord. Se establecen frentes simultáneos de trabajo: por ejemplo, una cuadrilla inicia el desmontaje de coberturas antiguas en el extremo de cabeza, mientras otra comienza la instalación de las nuevas en el extremo de cola, avanzando hacia el centro para acortar el plazo. Cada módulo de cubierta se fija conforme a las recomendaciones del fabricante, y se verifica el alineamiento y el solapamiento adecuados entre módulos para evitar aberturas por donde escape polvo o ingrese agua.

Durante la ejecución pueden presentarse desafíos técnicos; un caso es el desalineamiento de la estructura de la faja que dificulta encajar los nuevos tramos de cobertura. Aquí prima la adaptabilidad: se ajustan soportes in situ o se fabrican espaciadores ad hoc, dejando documentados estos cambios para referencia futura. La coordinación con la operación en vivo es otro aspecto esencial. A menudo no resulta viable detener completamente la faja por largos periodos. El equipo de proyecto puede programar ventanas cortas diarias para montar secciones de cubierta, o avanzar mientras la faja opera con protecciones temporales (solo si es seguro y con autorización especial, por el riesgo que entraña). Toda decisión se evalúa bajo el principio de seguridad primero. En algunos casos, la estrategia consiste en instalar soportes y preposicionar paneles de cobertura fuera de la banda en movimiento y, luego, durante una breve parada, fijarlos con rapidez [21].

Un proyecto de mejora de coberturas se orienta, precisamente, a materializar el cumplimiento normativo: al cubrir la faja se reduce de manera drástica la dispersión de material particulado al ambiente. En cuanto al marco reglamentario, el Reglamento de Seguridad Minera modificado exige que en las concesiones de transporte por fajas se implementen sistemas de control de polvo, ruido, iluminación, etc [21].

Durante la ejecución, puede aprovecharse para instalar además campanas de extracción de polvo en puntos de transferencia o atomizadores de agua en los chutes de descarga de la faja, si así lo recomendó el estudio de ingeniería, dado que constituyen controles ambiental-ocupacionales relevantes. Todas estas mejoras deben

integrarse bajo la gestión del proyecto para entregar un sistema completo y conforme a estándares [21].

En materia de gestión del cambio operativo, tras la instalación el personal de operaciones y mantenimiento debe adaptarse a la faja con coberturas. Puede variar la forma de inspeccionar la banda o de efectuar mantenimientos (antes quizá se transitaba libremente por debajo, ahora existen paneles). Por ello, una parte del cierre del proyecto contempla capacitar al personal de la mina en la operación con las nuevas coberturas. Con este proceso se asegura la apropiación del cambio por la línea operativa.

1.3.1.8. Metodologías de gestión

Guía del PMBOK del PMI: El *Project Management Institute* (PMI) consolidó, en su Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (PMBOK), un cuerpo de conocimientos aceptado globalmente. Esta guía vigente en su 7ª edición expone principios y dominios de desempeño que rigen la gestión de proyectos. Entre ellos enfatiza la focalización en el valor (entregar beneficios a la organización), la adaptabilidad (ser flexible ante cambios) y el liderazgo efectivo del equipo, entre otros. En la edición anterior, el trabajo se organizaba en 10 áreas de conocimiento (gestión de alcance, tiempo, costo, calidad, recursos, comunicaciones, riesgos, adquisiciones, stakeholders e integración) y 5 grupos de procesos (inicio, planificación, ejecución, monitoreo y control, y cierre) que guiaban de forma ordenada la gestión. Este marco teórico se aplica ampliamente en minería, con adaptaciones a las particularidades del sector. De hecho, se han elaborado instructivos específicos para adecuar

el PMBOK a proyectos mineros a cielo abierto, con mejoras evidenciadas en la comunicación con stakeholders y en el control de costos y riesgos. Asimismo, la teoría del PMI aporta técnicas como el método del valor ganado (EVM) para monitorear el avance costo-tiempo y la ruta crítica para optimizar cronogramas, herramientas valiosas en proyectos mineros donde las desviaciones de costo o tiempo resultan muy onerosas [21].

Metodología PRINCE2: Define un proyecto como “una organización temporal creada con el propósito de entregar uno o más productos empresariales acordados”. Esta definición sitúa al proyecto como una organización temporal insertada en la permanente. El método, originado en el *Reino Unido por el Office of Government Commerce (OGC)*, se presenta como una metodología estructurada de dirección de proyectos cuyos principios se centran en la gestión por etapas y en la justificación comercial continua. Es ampliamente utilizado en proyectos de ingeniería en Europa y se distingue por la gestión por excepción (establecer tolerancias de tiempo/costo y escalar decisiones solo si se exceden) y por roles definidos. En la minería peruana su adopción es menos extendida que la del PMBOK; sin embargo, principios como el aprendizaje de la experiencia y el enfoque en productos complementan la teoría general. Por ejemplo, el énfasis en productos se alinea con la definición clara de entregables (“faja transportadora N°5 cubierta al 100% con paneles de policarbonato”) y con la fijación de criterios de aceptación para cada uno [21].

Teoría de las limitaciones (TOC) y Cadena Crítica: Formulada por Eliyahu Goldratt, la *Theory of Constraints* sostiene que en todo sistema proyectos

incluidos existe, al menos, un elemento restrictivo que determina su rendimiento. Aplicada al ámbito de proyectos, esta perspectiva dio lugar a la técnica de Cadena Crítica, la cual propone planificar considerando explícitamente los recursos limitados y disponer buffers de protección para asegurar la fecha de entrega. La cadena crítica constituye una alternativa al método de ruta crítica y se ha empleado en proyectos de ingeniería para mejorar el cumplimiento de plazos. En minería resulta especialmente útil cuando coexisten múltiples proyectos que comparten recursos (varios frentes simultáneos en una misma mina que compiten por el mismo pool de soldadores o equipos especiales) [21].

1.3.2. Fajas transportadoras

1.3.2.1. Fundamentos conceptuales

Una faja transportadora conocida también como cinta transportadora o banda transportadora se define como un medio de transporte continuo destinado a desplazar materiales entre puntos específicos con eficiencia. Desde la perspectiva técnica, “una faja transportadora es un sistema de transporte continuo formado por una banda flexible de caucho reforzado, que se mueve entre dos tambores o poleas”. Su funcionamiento descansa en un tambor motriz acoplado a un motor eléctrico que impulsa la banda, la cual es guiada en todo su trayecto por conjuntos de rodillos: polines o rodillos de carga en la rama superior, que soportan el material, y rodillos de retorno en la rama inferior, que sostienen la banda vacía. Al operar de manera ininterrumpida, el sistema posibilita el traslado uniforme de materiales a granel, como minerales con intervención humana mínima [8].

El concepto de transporte continuo mediante cinta surgió en la revolución industrial y, a través de su desarrollo tecnológico, llegó a convertirse en un componente imprescindible de la minería contemporánea. Una faja transportadora integra varios elementos fundamentales [8], [15], [17]:

- la banda propiamente dicha, el miembro flexible que entra en contacto con el material y lo sostiene. Habitualmente se construye con capas (lonas) textiles o con cables metálicos en su interior denominado carcasa y se reviste con coberturas de goma en la cara superior (cover top) y en la inferior (cover bottom). La calidad de la goma se selecciona según la exigencia de servicio; existen alternativas para calor, aceites o fuego. La banda constituye el componente de mayor costo puede representar hasta ~60% del costo total del sistema y su resistencia condiciona la capacidad de carga.
- Tambores: poleas circulares ubicadas en los extremos y en ocasiones en puntos intermedios de la faja. El tambor motriz, dispuesto en la cabeza, transmite por fricción la potencia del motor a la banda e induce el movimiento, mientras que el tambor de retorno o cola guía la banda en el otro extremo. Pueden añadirse tambores tensores o de desvío.
- Sistema de tensado: para evitar resbalamientos y flechas excesivas, se impone una tensión adecuada mediante contrapesos o tensores automáticos, por lo general en el tramo de retorno.
- Rodillos o polines: cilindros que soportan la banda y la carga. En la rama superior se emplean típicamente estaciones de tres rodillos

en configuración de “trough” o artesa que conforman una concavidad contenedora; en el retorno suelen disponerse rodillos planos individuales.

- Estructura o bastidor: armazón metálico de vigas y pórticos que sostiene rodillos y tambores a lo largo del recorrido. Requiere robustez para el peso del material y de la banda, y para los esfuerzos dinámicos.
- Motor y reductor: conjunto que suministra potencia al tambor motriz, dimensionado conforme a la capacidad de transporte y a la pendiente.
- Sistemas auxiliares: abarcan los equipos de limpieza raspadores primarios y secundarios que remueven adherencias al descargar, los dispositivos de protección coberturas, guardas en zonas de atrapamiento, cordeles de parada de emergencia a lo largo de la faja, sensores de desalineamiento y de incendio, entre otros, así como los sistemas de carga, tolvas y chutes, y de descarga puntos de transferencia.

El funcionamiento se comprende de manera directa: la fricción entre el tambor motriz y la banda provoca el desplazamiento continuo de esta a lo largo de su recorrido; en el punto de carga se deposita el material a trasladar, que avanza con la banda hasta la descarga, lugar en el que, por gravedad, suele caer a otra tolva o equipo. La capacidad de transporte de una faja se determina considerando la velocidad de la banda (m/s), el ancho disponible y el ángulo de artesa que definen la sección transversal transportada, junto con la densidad del material. En el ámbito minero, las

fajas presentan anchos estándar desde 24" (~0.61 m) hasta 72" (~1.83 m) o más, y operan con velocidades típicas de 2 a 5 m/s; tales parámetros posibilitan el movimiento uniforme de decenas de miles de toneladas por día [8].

En esencia, una faja transportadora transforma un esquema de acarreo discontinuo, por camiones en un flujo continuo, reduciendo el costo por tonelada cuando las distancias son medianas o largas. Su aplicación abarca numerosos sectores industriales; no obstante, "su principal uso se da en la industria minera", además de la alimenticia y la construcción. En una operación minera pueden enlazarse varios tramos, formando verdaderas "autopistas" de mineral que conectan el yacimiento con la planta concentradora o, desde esta, con los stockpiles. También se emplean en instalaciones portuarias para el embarque de concentrados. La presencia de estas soluciones en minería es hoy casi omnipresente por las ventajas que brindan descritas más adelante. En síntesis, la faja transportadora es un sistema mecánico continuo y confiable, concebido para mover grandes volúmenes de material de forma automatizada y de manera uniforme y continua, cuyos componentes están preparados para operar 24/7 en condiciones mineras exigentes, con necesidades de mantenimiento relativamente bajas [15].

1.3.2.2. Objetivos y alcance

El uso de fajas transportadoras en minería persigue varios objetivos fundamentales dentro de las operaciones: mejorar la eficiencia en el transporte de mineral, reducir costos operativos en comparación con métodos alternativos (principalmente el acarreo con camiones) y disminuir

el impacto ambiental y riesgos asociados al transporte. Estos objetivos se alinean con las tendencias de la minería moderna, que busca operaciones más productivas y sostenibles [17].

Frente al acarreo intermitente con camiones, la faja mantiene el flujo sin interrupciones, por lo que chancadoras y molinos reciben alimentación continua y se reducen tiempos muertos. Estudios técnicos señalan que una faja transportadora puede sustituir hasta diez camiones mineros de capacidad equivalente, puesto que moviliza alrededor de 5000 toneladas de mineral por hora de forma ininterrumpida (tecnologiamineracom). En consecuencia, la adopción de fajas busca incrementar la capacidad de traslado del material y disminuir la congestión y las demoras en el sistema. En materia de costos y energía, el esquema con faja exige una inversión inicial elevada estructura, accionamientos y bandas, pero sus gastos de operación resultan inferiores a los de una flota de camiones. Estas instalaciones operan con energía eléctrica de red, habitualmente de origen hidroeléctrico o de gas con precios relativamente convenientes y demandan menos personal para su operación. Los balances comparativos muestran que, transcurrido un periodo razonable de servicio continuo, la alternativa con faja alcanza una mayor rentabilidad [17].

Mejorar la seguridad operativa constituye otro objetivo central. El acarreo con camiones en tajos abiertos expone a eventos vehiculares severos (volcaduras, colisiones) y a la inhalación de polvo y emisiones de diésel. Al tratarse de sistemas fijos y automatizados, las fajas transportadoras eliminan gran parte de esos peligros; naturalmente, incorporan otros (riesgos mecánicos, atrapamientos) que se controlan mediante

protecciones físicas y procedimientos. En su alcance, un proyecto de fajas incorpora dispositivos de resguardo para el personal [17].

En cuanto al entorno, sustituir o reducir camiones por fajas recorta de manera marcada las emisiones de gases de efecto invernadero (CO_2) y otros contaminantes (NO_x , material particulado de escape) asociados a la combustión diésel de la flota. Asimismo, decrece el polvo levantado por camiones que circulan sobre vías sin pavimentar. Según un reporte técnico, las fajas transportadoras reducen el uso de camiones disminuyendo el impacto ambiental y el consumo de combustibles.

1.3.2.3. Características

Las fajas transportadoras poseen una serie de características técnicas y operativas que las hacen adecuadas para ciertas condiciones y, a la vez, imponen consideraciones de diseño y uso. A continuación, se detallan algunas de las características más relevantes [15], [17]:

- La capacidad para transportar de manera continua materiales a granel es una característica definitoria: las fajas están concebidas para mover grandes volúmenes sin interrupciones y alcanzar capacidades muy elevadas. Al operar sin pausas, los procesos posteriores reciben alimentación constante y se evitan tiempos muertos.
- Las fajas son energéticamente más eficientes que métodos alternos. Los motores eléctricos convierten la energía con alto rendimiento y la mayor parte del movimiento se traduce en transporte útil; las pérdidas principales provienen de fricción interna de rodillos y flexión repetitiva de la banda. Un buen diseño y

mantenimiento permiten minimizar estos efectos y sostener la eficiencia.

- En cuanto a la adaptabilidad al terreno hasta cierto punto, las fajas pueden serpentear o ajustarse al perfil. Admiten curvas verticales, convexas o cóncavas, y horizontales de gran radio. Sin asistencia específica, no es factible superar pendientes muy pronunciadas: para mineral seco, el umbral práctico se sitúa en 15–18° antes de que el material tienda a rodar hacia atrás; las excepciones son bandas con empujadores o cangilones, o bandas nervadas para alta inclinación.
- La implantación requiere inversión inicial alta e ingeniería detallada. El alcance incluye ingeniería civil cimientos, torres y estaciones de transferencia, mecánica dimensionamiento de la banda y tensores y eléctrica motores, variadores y controles. El diseño se realiza a la medida: longitud, desnivel, características del mineral tamaño, abrasividad, humedad y capacidad deseada.
- Respecto de la fiabilidad y el mantenimiento, las fajas correctamente operadas alcanzan vidas útiles largas: 15–20 años o más para estructuras y tambores; las bandas de caucho se reemplazan periódicamente según el desgaste. Al tener menos componentes móviles que una flota de camiones, su fiabilidad intrínseca es alta; con todo, requieren mantenimiento preventivo constante en elementos críticos, como el cambio de rodillos dañados.

- En términos de emisiones, las fajas en movimiento generan polvo principalmente en las transferencias donde impacta el material y algo de polvo fugitivo a lo largo del recorrido si el viento interactúa con la carga. Se produce ruido mecánico por vibración de rodillos, accionamientos e impacto del material. Sin medidas de control, estas emisiones pueden ser significativas.
- Finalmente, las longitudes considerables y la integración flexible constituyen otra ventaja. En el Perú, las longitudes suelen ser menores por la geografía andina fragmentada, aunque también hay fajas de varios kilómetros. Combinando múltiples tramos en serie, prácticamente cualquier distancia puede cubrirse mediante la repetición de unidades modulares.

1.3.2.4. Transporte de minerales

En una disposición habitual, la faja transportadora recibe el mineral desde la trituradora primaria (chancadora) o desde una tolva de recepción a la que descargan los volquetes de la mina. A partir de ese punto, la faja eleva o desplaza horizontalmente el material a lo largo del trazado definido. Pueden integrarse varias fajas en serie: una faja corta bajo la chancadora primaria alimenta a otra de mayor longitud (overland) que conduce el mineral hasta la planta. La transferencia entre fajas se realiza mediante chutes o tolvas intermedias que encauzan el flujo [22].

Resulta relevante la capacidad para salvar grandes distancias y desniveles. En operaciones diseminadas, las fajas conectan frentes alejados con la planta central. Así, en minas de cobre peruanas como Cuajone o Toquepala existen transportadores que vencen cientos de

metros de desnivel desde el tajo hasta el área de chancado o planta, circulando por túneles o por pendientes moderadas talladas en el cerro. Con camiones, ello sería poco práctico porque exigiría viajes zigzagueantes sobre rampas extensas. Con la faja es posible trazar una línea casi recta subterránea o en superficie con puentes, optimizando la distancia recorrida. Además, mientras los camiones deben reducir la velocidad en las pendientes, una faja mantiene constante la velocidad de la banda y solo incrementa la potencia del motor de acuerdo con la inclinación [22].

Mantener el flujo ininterrumpido constituye otra ventaja esencial: las fajas permiten a las operaciones mineras sostener un suministro constante de mineral. Ello favorece a los equipos de procesamiento posteriores, que rinden mejor con entradas estables menor variabilidad de granulometría y de tasa de alimentación, con la consecuente mejora en la eficiencia de molienda y más horas efectivas de producción. En el plano económico, la literatura técnica indica que, por lo general, a distancias mayores de 1 km y con volúmenes altos, las fajas resultan más convenientes que los camiones, en función de la topografía y de la duración del proyecto [22].

El transporte por faja también reduce la huella ambiental de otras maneras: menos tráfico de camiones implica menos vías anchas sobre el terreno con menor alteración de la superficie y menos polvo levantado.

Una faja sobre terreno puede rehabilitarse con relativa facilidad al final de su vida útil se desmontan la cinta y las estructuras, quedando solo bases de concreto removibles, mientras que una carretera de acarreo deja taludes y cortes permanentes. Por ello, en los planes de cierre y de post-

minería suele ser más favorable haber empleado fajas que grandes vías de acarreo [22].

Al sustituir camiones por fajas, un aspecto clave es la reconfiguración de la logística minera. Las minas a cielo abierto deben planificar sus fases para que el mineral confluya hacia las estaciones de chancado que alimentan a las fajas; en ocasiones, se instalan chancadoras semi-móviles que se reubican conforme avanza el tajo y se extienden o reconfiguran las fajas. Este dinamismo se logra con fajas modulares o extensibles que se alargan con secciones adicionales y con apiladores móviles (trippers) que permiten llenar distintas zonas de una pila. En todo caso, la incorporación de fajas conduce a una mina más centralizada en transporte el mineral pasa por cuellos de botella como la chancadora y la faja troncal, lo que exige alta confiabilidad en esos componentes. Dado que una falla en la faja detendría por completo la producción, se justifica invertir en redundancias motores de reserva, stock de empalmes de banda, monitoreo avanzado y en buenos diseños [22].

1.3.2.5. Coberturas

En el ámbito de las fajas transportadoras, se denomina coberturas o cubiertas a los elementos instalados sobre y en ocasiones también bajo o alrededor de la cinta transportadora con el propósito de resguardar tanto el material transportado como los componentes de la faja frente a influencias externas. En términos prácticos, las coberturas conforman un túnel o techumbre continua a lo largo de la banda. Tradicionalmente, se materializan como estructuras metálicas con geometría semicircular o de techo a dos aguas que protegen la parte superior, fabricadas en acero

galvanizado u otros materiales de alta resistencia. Existen, además, coberturas inferiores en diseños totalmente cerrados, especialmente en tramos que demandan encapsulamiento completo [22].

La función esencial de estas cubiertas es aislar la faja y el material de las condiciones ambientales. Así, brindan defensa frente a lluvia, polvo externo, nieve, viento, radiación solar y cualquier otro agente natural que pueda afectar la operación. En una faja expuesta, la lluvia puede humedecer el mineral fino y generar atascos o incrementar el peso con mayor requerimiento energético; el viento puede dispersar material liviano pérdida de producto y originar emisiones de polvo; la radiación y la intemperie aceleran la degradación de la goma y de otros componentes. Al cubrir la faja, estos efectos se mitigan: el mineral se mantiene seco en temporada de lluvias, disminuye la dispersión de polvo en época seca y se prolonga la vida útil de la banda y de los rodillos al quedar más protegidos. En conjunto, se obtiene una operación más hermética y controlada [22].

En las fajas transportadoras se emplean varios tipos de coberturas; las más comunes son las superiores (a modo de techo), para cubrir la banda por arriba y lateralmente. Estas pueden configurarse como fijas atornilladas a la estructura y removidas solo para mantenimiento o como abatibles con bisagras o mecanismos que permiten abrirlas para inspeccionar la faja. También existen coberturas inferiores que cierran la rama de retorno por la parte baja; se usan con menor frecuencia, salvo cuando se busca encapsulamiento total para impedir caídas de material o ingreso de polvo desde abajo. En algunos sistemas se emplea la

nomenclatura full covers, 3/4 covers o 1/2 covers según el porcentaje del perímetro de la banda que se cubre (gritstonematerial.com). Un full cover crea un túnel cerrado alrededor de la banda; un 3/4 cover puede dejar libre una franja lateral, generalmente la inferior para disipación de calor o inspección; un 1/2 cover cubre solo la parte superior y deja la banda descubierta en los lados, útil donde se requiere techo contra lluvia y el polvo no es crítico [22].

Las coberturas típicas se fabrican con chapa metálica corrugada, que aporta resistencia y rigidez con poco peso (gritstonematerial.com). Se montan sobre arcos o aros de soporte fijados a la estructura de la faja. Tales aros pueden ser de acero galvanizado o de aluminio; luego la chapa galvanizada o pre-pintada se fija mediante pernos. La geometría corrugada incrementa la resistencia a la deformación y muchas coberturas incorporan bordes doblados para mayor robustez y seguridad, a fin de evitar filos cortantes (gritstonematerial.com). La longitud estándar de cada módulo de cobertura suele ser 2 a 2.5 metros, facilitando manejo y reemplazo.

Resumiendo, las coberturas en una faja transportadora son dispositivos de cobertura o encapsulamiento que envuelven el sistema de banda para proteger tanto al material trasladado como al entorno. Sus funciones específicas incluyen, prevenir la entrada de agua, evitar la salida de polvo y material (contención de derrames), reducir la exposición de la banda a rayos UV y clima, atenuar ruido hasta cierto punto, y mejorar la seguridad al actuar como barrera física. Visualmente, una faja cubierta se aprecia como un conducto o galería a lo largo de la cinta (muchas veces de color

metálico grisáceo o incluso de colores corporativos si se pintan). En el contexto del proyecto que nos ocupa cambio de coberturas inferiores, entendemos que se trata de reemplazar las coberturas existentes (posiblemente metálicas) en la parte inferior de la faja por nuevas de otro material (policarbonato). Esto sugiere que la faja en cuestión podría tener un cerramiento completo (inferior y superior), o que se están añadiendo coberturas en la parte de retorno para lograr un encapsulado que antes no existía [22].

1.3.2.6. Actividad de reforzamiento de estructuras de fajas existentes

En las operaciones mineras en curso, es común que las fajas transportadoras existentes deban ser modificadas o mejoradas con el tiempo, ya sea para aumentar su capacidad, extender su longitud, o como en nuestro caso de estudio añadir o cambiar coberturas de protección. Antes de implementar tales cambios, a menudo es necesario realizar una actividad de reforzamiento de las estructuras de las fajas existentes. Esto se refiere a fortalecer o adaptar los componentes estructurales de soporte de la faja transportadora para asegurar que puedan soportar las nuevas cargas o condiciones operativas derivadas del cambio [16].

Un primer aspecto es el incremento de cargas o peso: cuando se añade equipamiento a la faja, por ejemplo, coberturas metálicas continuas a lo largo de cientos de metros, o el cambio hacia coberturas de material más pesado, la estructura original, concebida quizá solo para sostener polines y la banda, puede no disponer del factor de seguridad requerido para ese excedente. Un módulo típico de cobertura metálica pesa decenas de

kilogramos por metro y, al acumularse en toda la longitud, suma varios miles de kilos distribuidos [16].

A ello se suma la corrosión o la fatiga acumulada: muchas fajas operan desde hace años y la exposición a la intemperie en especial si no tenían coberturas puede haber corroído partes de la estructura, reduciendo su sección efectiva y su capacidad de carga. Aparecen, además, nuevas condiciones de carga dinámica (viento, sismo), al cubrir por completo una faja se genera un efecto vela, pues la superficie cerrada ofrece resistencia significativa al viento. Estructuras que antes apenas registraban esa presión porque el aire circulaba entre los polines ahora deben soportar la fuerza aplicada sobre las coberturas [21].

También influyen cambios en el uso o en la función: a veces se reconfiguran las fajas para otros fines, como aumentar la velocidad lo que puede inducir vibraciones mayores, o se extiende la longitud añadiendo tramos elevados. Un caso frecuente surge al prolongar una faja existente: se incorpora longitud y, eventualmente, una inclinación distinta.

1.3.2.7. Actividad de reemplazo de coberturas de fajas metálicas a policarbonato

Una tendencia reciente en instalaciones de transporte por faja es sustituir coberturas metálicas tradicionales por coberturas de materiales plásticos como el policarbonato (u otros polímeros transparentes). Esta intervención específica motivo central de la tesis propuesta conlleva consideraciones técnicas propias y beneficios esperados a evaluar con detalle [21].

Las coberturas metálicas, generalmente de acero galvanizado o de aluminio han sido por décadas el estándar para cubrir cintas transportadoras. No obstante, presentan limitaciones: no permiten ver el interior; pueden corroerse con el tiempo (en especial si el galvanizado se daña); son relativamente pesadas lo que añade carga a la estructura; y su instalación o remoción resulta laboriosa, al tratarse de paneles atornillados que requieren llaves y tiempo para abrir cada tramo. Además, aunque duran mucho, cuando requieren recambio pueden ser costosas y requieren gestionar residuos metálicos voluminosos [8].

El policarbonato, por otro lado, es un termoplástico de alta resistencia mecánica e impacto, transparente como el vidrio, pero mucho más liviano. Se ha usado por años en techos y cubiertas industriales translúcidas, y en guardas de maquinaria por su transparencia y dureza. Aplicado a fajas transportadoras, se utiliza en forma de planchas o paneles curvos que imitan la forma de las coberturas metálicas, pero con material plástico. Existen incluso modelos comerciales de coberturas con combinaciones: aros de soporte de aluminio y paneles de policarbonato alveolar (ligero y translúcido) [8].

El proceso de reemplazo de coberturas metálicas a policarbonato usualmente involucra retirar las secciones antiguas de metal (a menudo atornilladas a los arcos) y montar en su lugar las nuevas de policarbonato usando los mismos soportes o nuevos adaptadores. En algunos casos, puede que se reemplazen también los aros de soporte, si vienen con un sistema diferente para sujetar el policarbonato (por ejemplo, aros con canales donde encajan las planchas plásticas). Una planificación

cuidadosa busca hacer esto con interrupciones mínimas: se podría trabajar por tramos cortos, quitando 10 m de cubierta metálica e instalando enseguida la de policarbonato, para no dejar la faja larga expuesta mucho tiempo. Si la producción no puede parar, se intentarían reemplazos “en vivo” secciones a la vez durante ventanas entre cargas, pero por seguridad lo ideal es hacerlo con la faja detenida [8].

1.4. Formulación de los problemas

1.4.1. Problema general

¿De qué manera la gestión de proyectos influye en el cambio de coberturas inferiores de las fajas transportadoras de minerales – Unidad Minera Cerro Lindo – Nexa 2025?

1.4.2. Problemas específicos

- ¿De qué manera la gestión de proyectos influye en la actividad de reforzamiento de estructuras de fajas existentes – Unidad Minera Cerro Lindo – Nexa 2025?
- ¿De qué manera la gestión de proyectos influye en la actividad de reemplazo de coberturas de fajas metálicas a policarbonato – Unidad Minera Cerro Lindo – Nexa 2025?

1.5. Justificación

Practica: El reemplazo de las coberturas inferiores en las cintas transportadoras de minerales se orienta a solucionar deficiencias operativas puntuales, como la pérdida de fricción en el tambor motriz, el desgaste prematuro en la banda y las detenciones imprevistas que interrumpen la producción. En ese sentido, la instalación de recubrimientos adecuados reduce la incidencia de averías y mejora la capacidad de acarreo, disminuyendo el tiempo muerto de las fajas

transportadoras. De este modo, la aplicación práctica de esta propuesta persigue elevar la eficiencia operativa y aminorar los costos asociados al reemplazo frecuente de bandas, impactando directamente en la productividad diaria de la mina.

Económica: Desde una perspectiva financiera, efectuar el cambio oportuno de las coberturas inferiores en la banda transportadora permite minimizar los gastos relacionados con paros imprevistos y las reparaciones correctivas de la carcasa y los rodillos. En el análisis técnico se demostrará que emplear bandas con recubrimientos dimensionados generará un ahorro sustancial en comparación con otras opciones, pues reduce tanto la inversión de capital como los costos operativos y de mantenimiento de la maquinaria móvil. Del mismo modo, al acortar los periodos de inactividad, la producción diaria aumentará, lo cual se traducirá en un incremento notable de los márgenes de rentabilidad de la empresa.

Conveniencia: Esta investigación resulta valiosa tanto para los académicos como para las industrias, ya que aborda una problemática concreta en las operaciones mineras y enriquece las líneas de estudio sobre gestión de proyectos y optimización del mantenimiento en cintas transportadoras. Para el alumno tesista el proyecto brinda la posibilidad de profundizar en los aspectos técnicos y metodológicos relacionados con las cubiertas de banda, al integrar teorías y experiencias prácticas extraídas de iniciativas desarrolladas en la Universidad. En el caso de la empresa, el estudio aporta un análisis pormenorizado de tiempos y recursos requeridos para el reemplazo de las coberturas inferiores, sustentado en datos de campo preliminares y recomendaciones de diseño, lo

cual facilita la toma de decisiones y fortalece la posición competitiva en el mercado.

Metodológica: La investigación ostenta su propia estrategia metodológica, la misma que está basada en el método científico como método general de estudio, la misma que permite alcanzar los objetivos de investigación con el uso de técnicas e instrumentos fiables y válidos.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Determinar que la gestión de proyectos influye en el cambio de coberturas inferiores de las fajas transportadoras de minerales – Unidad Minera Cerro Lindo – Nexa 2025.

1.6.2. Objetivos específicos

- Determinar que la gestión de proyectos influye en la actividad de reforzamiento de estructuras de fajas existentes – Unidad Minera Cerro Lindo – Nexa 2025.
- Determinar que la gestión de proyectos influye en la actividad de reemplazo de coberturas de fajas metálicas a policarbonato – Unidad Minera Cerro Lindo – Nexa 2025.

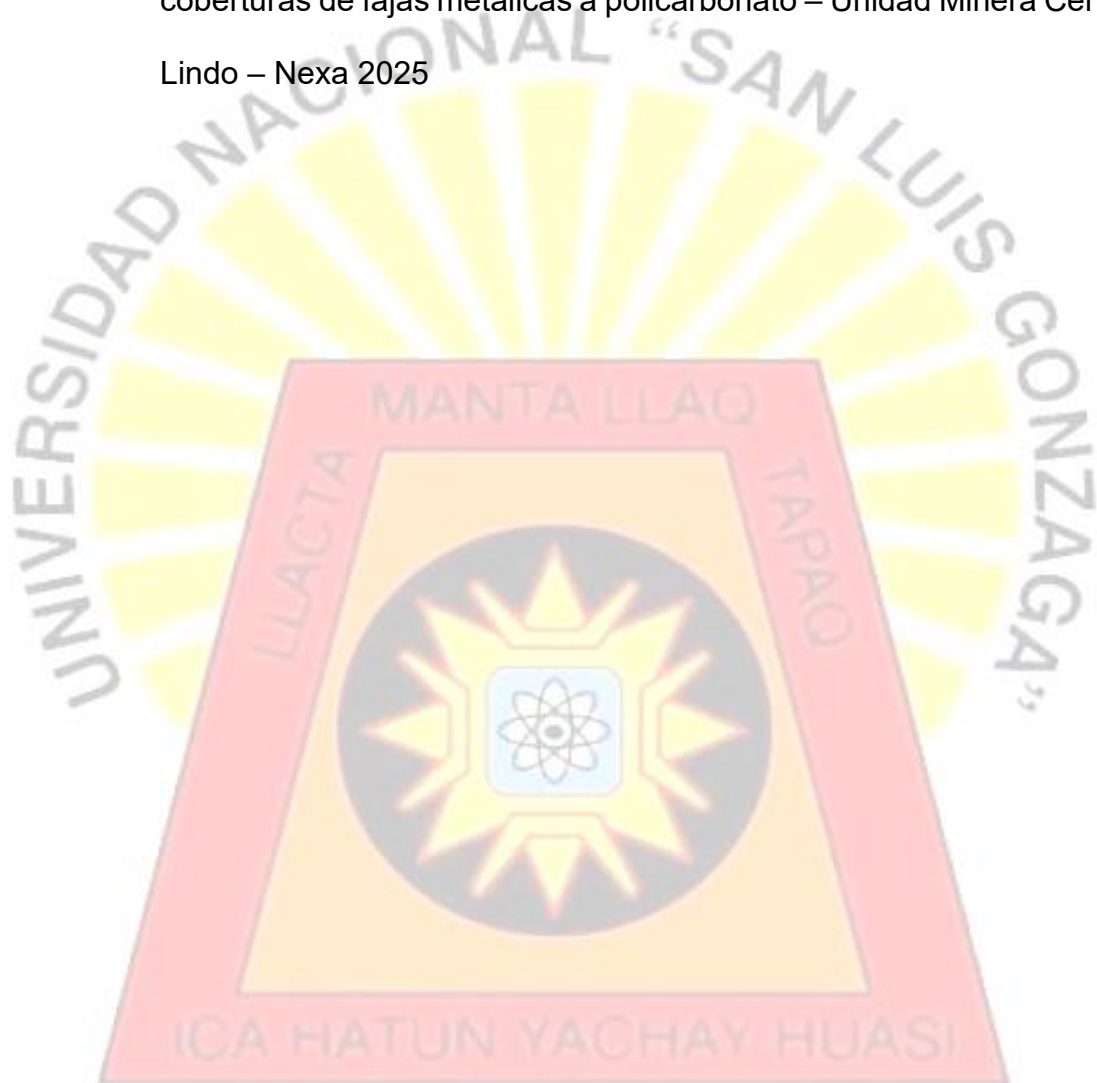
1.7. Hipótesis

1.7.1. Hipótesis general

La gestión de proyectos influye en el cambio de coberturas inferiores de las fajas transportadoras de minerales – Unidad Minera Cerro Lindo – Nexa 2025

1.7.2. Hipótesis específica

- La gestión de proyectos influye en la actividad de reforzamiento de estructuras de fajas existentes – Unidad Minera Cerro Lindo – Nexa 2025
- El La gestión de proyectos influye en la actividad de reemplazo de coberturas de fajas metálicas a policarbonato – Unidad Minera Cerro Lindo – Nexa 2025



II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

2.1. Lugar de estudio

En el distrito de Chavín, provincia de Chíncha, Perú, se ubica la mina polimetálica subterránea Cerro Lindo, aproximadamente a 268 km al sureste de Lima y a 60 km de la costa. El acceso desde Lima sigue la Carretera Panamericana pavimentada hacia el sur hasta Chíncha y, de allí, por un camino de terracería que asciende por el valle del río Topará hasta la mina, finalmente. Los caminos internos conectan los diversos componentes de la mina.

Las operaciones comenzaron en 2007; en 2024, la mina Cerro Lindo registró producción de aproximadamente 86,2 mil toneladas de zinc en concentrados, 29,9 mil de cobre en concentrados, 13,9 mil de plomo en concentrados, 4.268 mil onzas de plata en concentrados y 4,9 mil onzas de oro en concentrados. El mineral se trata en una planta de concentrados con una capacidad de procesamiento de 21 mil toneladas de mineral por día.

El yacimiento Cerro Lindo, catalogado como depósito de sulfuros masivos volcanogénicos ("VMS"), presenta 1.500 metros de longitud, 1.000 metros de ancho y un desarrollo vertical vigente de 470 metros por debajo de la superficie, con geometría definida en planta y en profundidad. La mineralización se distribuye en no menos de 10 zonas discretas, identificadas mediante descripción geológica. Se reconocen cuerpos masivos con morfología lenticular compuestos por pirita (50,0% a 90,0%), esfalrita amarilla, esfalrita marrón,

calcopirita y menor galena. Una presencia significativa de barita se ubica sobre todo en las porciones superiores del depósito. Adicionalmente, donde los sulfuros masivos han sufrido oxidación cercana a superficie, se ha generado una zona de enriquecimiento secundario integrada por calcocita y covelita. La barita pulverulenta con alto contenido de plata permanece expuesta como reliquia de procesos de oxidación y lixiviación de sulfuros, y se reconoce en superficie.

En 2024, la exploración en Cerro Lindo priorizó extender yacimientos ya conocidos en particular OB-8B y OB-8C situados al sureste de la mina y estudiar la posible aparición de nuevas zonas mineralizadas. Un segundo eje de trabajo se concentró en la anomalía geofísica Patahuasi Millay, principal foco de la perforación exploratoria del año, cuya evolución condujo a su transición hacia un objetivo greenfield en etapa temprana. Las perforaciones efectuadas en el objetivo Pucasalla y sus extensiones evidenciaron zonas con sulfuros, aunque sin resultados significativos. De manera complementaria, continuaron las actividades de perforación en el objetivo Puca Punta. Aun con retrasos vinculados al clima y a dificultades operativas, el programa registró progresos relevantes.

Durante 2024, se completaron aproximadamente 25,4 km de perforación diamantina en 25 barrenos, y 4 barrenos seguían en ejecución con finalización prevista en 2025; los trabajos se dividieron entre perforación de exploración de superficie y subterránea. Hacia fines de 2024 se alcanzaron hitos clave, entre ellos avances sustantivos en la ampliación de yacimientos conocidos y la evolución del programa de perforación exploratoria.

2.2. Tipo de investigación

El estudio se sitúa en el ámbito de la investigación aplicada, cuyo objetivo es trasladar teorías ya comprobadas en investigaciones fundamentales a la generación de soluciones prácticas y a la resolución de problemáticas concretas [23].

2.3. Nivel de investigación

El propósito de este nivel descriptivo es identificar, documentar y detallar las características y condiciones del fenómeno objeto de estudio sin establecer relaciones de causa y efecto ni realizar manipulaciones experimentales. Para ello, se recopilarán datos de manera sistemática en el entorno natural de las variables, con el fin de ofrecer una visión exacta y exhaustiva de la realidad en investigación. Este enfoque permitirá definir la estructura y los rasgos fundamentales del objeto estudiado, formando la base para futuros análisis que busquen explicar o correlacionar los hallazgos [24].

2.4. Diseño de investigación

El diseño no experimental se caracteriza por la ausencia de manipulación deliberada de las variables independientes, considerándolas como condiciones ya existentes en su entorno natural. El investigador limita su labor a observar y registrar los fenómenos tal como ocurren, sin interferir en las circunstancias originales. Al no intervenir activamente, se evita la creación de escenarios artificiales y se asegura que las variables conserven su estado natural [25].

2.5. Población y muestra

2.5.1. Población

La población se entenderá como el conjunto de elementos ya sean individuos, sucesos, objetos o circunstancias que resultan relevantes para el estudio y de

los cuales se buscará extraer conclusiones. Este universo se caracterizará en profundidad, detallando sus rasgos tanto cualitativos como cuantitativos [26]. La población estará conformada por todas las fajas transportadoras de mineral de la Unidad Minera Cerro Lindo, en el año 2025.

2.5.2. Muestra

La muestra constituirá un subconjunto representativo de la población accesible y limitada, obtenido mediante técnicas de muestreo que garanticen su confiabilidad y capacidad de reflejar a la población [26]. La muestra de estudio estará conformada por las fajas transportadoras F4 y F5.

2.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica de observación se entenderá como el procedimiento en el cual el investigador analiza el fenómeno en su contexto natural, capturando datos visibles para su posterior análisis. Este método consta de varias etapas: primero, se identifica el objeto de observación; luego se establecen los objetivos específicos; a continuación, se definen los formatos o instrumentos para recolectar la información; después, se lleva a cabo una observación minuciosa y sistemática; seguidamente, se archivan y organizan los datos obtenidos; posteriormente, se procede al análisis e interpretación de la información recopilada; y, finalmente, se elaboran las conclusiones [27].

El análisis documental se entenderá como el método de investigación que abarcará la localización, recolección, sistematización, descripción y análisis de información extraída de fuentes documentales, ya sean impresas o auditivas. Se especificará que la principal materia de estudio estará constituida por documentos representativos de la población objeto de análisis, y que el investigador se enfocará en examinarlos tanto como entes autónomos de

información como en su valor para suministrar datos sobre otros fenómenos. Este procedimiento tendrá como fin profundizar en el tema o problema planteado sin pretender la aplicación inmediata de hallazgos, actuando principalmente como sustento teórico para la investigación [28].

Los instrumentos utilizados serán los reportes e informes de planificación de actividades en el cambio de cobertura de las fajas transportadoras, Mina Cerro Lindo, en el año 2025.

2.7. Técnicas de análisis e interpretación de datos

El tratamiento de la información se efectuará utilizando Microsoft Excel 2016, con el propósito de generar análisis de estadística descriptiva que respalden los hallazgos de esta investigación. Para ello, se llevará a cabo la depuración de los datos, su clasificación en grupos, la disposición ordenada en tablas y la posterior evaluación e interpretación de los resultados obtenidos.

III. RESULTADOS

Este plan de trabajo especifica, para la mina Cerro Lindo, cuatro Zonas a intervenir y los procedimientos del cambio de coberturas inferiores en las fajas transportadoras #4 y #5. Se consideran diferentes alturas en los frentes intervenidos desde nivel de piso hasta 20 m aprox., el bloqueo de la faja transportadora, y el tiempo de intervención se restringe a 3 horas por día y 3 veces por semana, dentro de los siguientes horarios: turno Día, 6–9 am, y turno Noche, 6–9 pm.

3.1. Ubicación de zonas

La figura 1 indica las cuatro zonas donde se realizarán cambios de cobertura inferior: en la Faja 4 se intervienen las zonas 1 y 2, y en la Faja 5 las zonas 2, 3 y 4.



Figura 1. Ubicación de zonas fajas 4/5

Figura 2 indica el inicio y el final de cada tramo de reemplazo de cobertura inferior correspondiente. Tramo 1: 18 metros de longitud para reemplazo, Andamio Modelo 2 (Ver. Fig.5); Tramo 2: 24 metros de longitud para reemplazo, Andamio Modelo 1 (Ver. Fig.6).



Figura 2. *Vista panorámica de ubicación de los tramos para reemplazo de cobertura*

3.1.1. Zona 1

La Figura 3 muestra: a la altura inicial (6 m) se realizará el montaje de andamio Modelo 2 (ver Fig.6) en 2 cuerpos; a la altura final (10 m), el montaje del mismo modelo (ver Fig.6) en 3 cuerpos.

La Figura 4 muestra: a la altura inicial (18 m) se realizará el montaje de andamio Modelo 1 (ver Fig.5) en 8 cuerpos; a la altura final (20 m), el montaje del mismo modelo (ver Fig.5) en 9 cuerpos.



Figura 3. Zona 1 - Tramo 1



Figura 4. Zona 1 - Tramo 2

Figura 5 muestra: andamio Modelo 1 (2.57 m × 1.09 m × 9 m, regulable). Figura 6 muestra: andamio Modelo 2 (2.57 m × 1.09 m × 6 m, regulable).

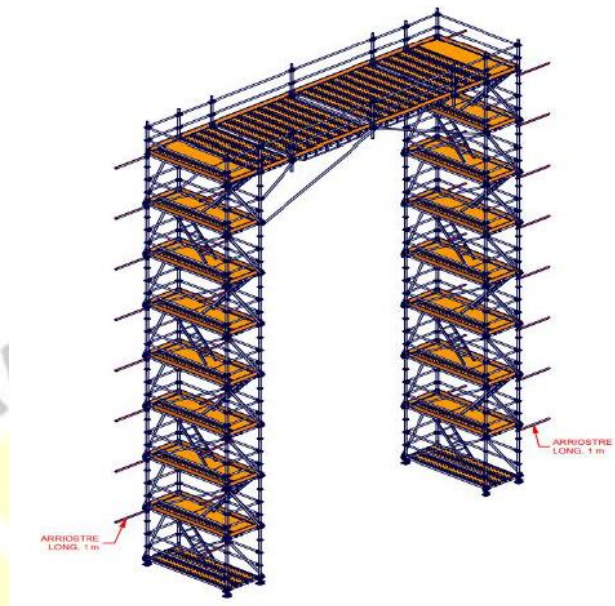


Figura 5. Andamio Layer Modelo 1

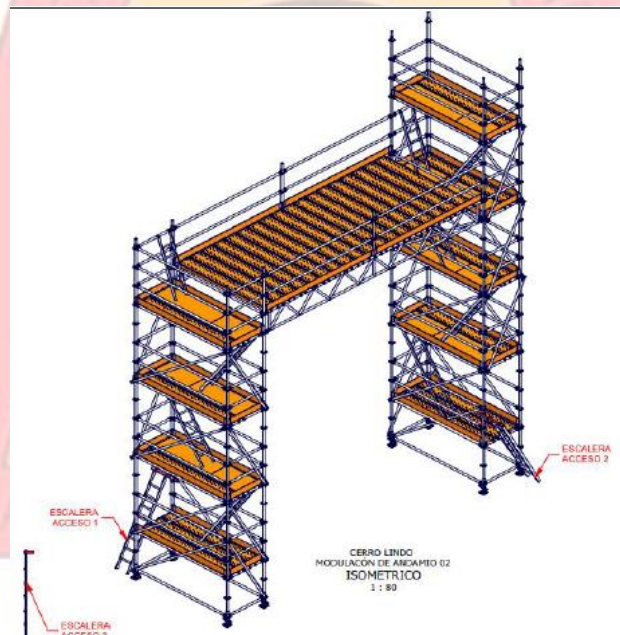


Figura 6. Andamio Layer Modelo 2



Figura 7. Ubicación de toma 220 V conexión domiciliaria ubicado en locotruck 2



Figura 8. Ubicación de toma 440 V conexión Menekes ubicado en locotruck 2

3.1.2. Zona 2

Figura 9 muestra inicio y final de cada tramo correspondiente de reemplazo de cobertura inferior.

Tramo 3: 12 metros de longitud para reemplazo, andamio Modelo 2 (ver Fig.6).

Tramo 4: 30 metros de longitud para reemplazo, andamio Modelo 2 (ver Fig.6).

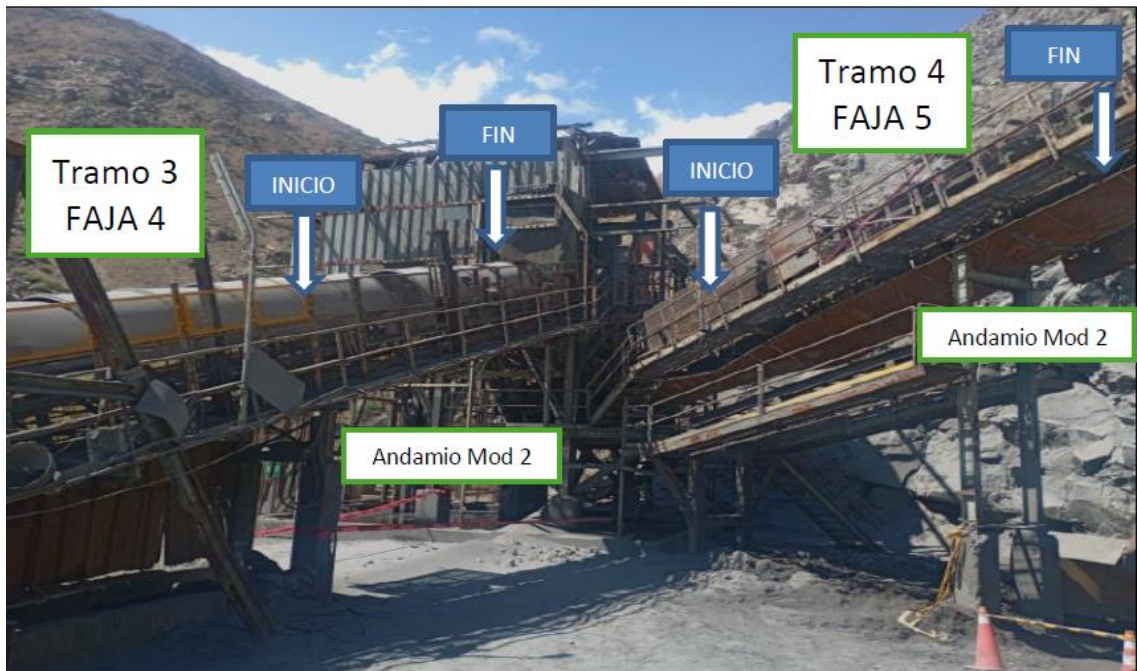


Figura 9. Vista panorámica de ubicación de tramos para reemplazo de cobertura inferior

Figura 10 muestra: a la altura inicial (4 m) se montará andamio Modelo 2 (ver Fig.6) en 2 cuerpos, y a la altura final (6 m) se montará el mismo modelo (ver Fig.6) en 3 cuerpos.

Figura 11 muestra: a la altura inicial (3 m) se montará andamio Modelo 2 (ver Fig.5) en 2 cuerpos; a la altura media (9 m) se montará andamio Modelo 2 (ver Fig.5) en 3 cuerpos; y a la altura final (1 m) no se requiere andamio (20 metros lineales de cobertura).



Figura 10. Zona 2 - Tramo 3 – Faja 4



Figura 11. Zona 2 - Tramo 4 – Faja 5



Figura 12. Zona 2 ubicación Punto de acopio ubicado en la Transferencia faja 4-5



Figura 13. Zona 2 Ubicación de toma 440 V/220 V ubicado en la cabeza de la faja 5

3.1.3. Zona 3

Figura 14 muestra el inicio y el final del tramo para reemplazo de cobertura inferior correspondiente. El Tramo 5 abarca 42 metros de longitud; el punto de acopio y la toma eléctrica están señalados en la Fig. 12/13.

Altura entre cobertura- nivel en toda la trayectoria se mantiene - No requiere andamio (figura 10)



Figura 14. Vista Panorámica de Ubicación del tramo para reemplazo de cobertura inferior



Figura 15. Zona 3- Tramo 5 - Faja 5

Figura 16 muestra el inicio y el final de los tramos de cambio de cobertura inferior.

El Tramo 6 abarca 18 metros de cambio de cobertura.

Figura 12 muestra: a la altura inicial (10 m) se montará andamio Modelo 2 (ver Fig.6) con 4 cuerpos; a la altura final (13 m) se montará el mismo modelo (ver Fig.6) con 5 cuerpos.



Figura 16. Vista panorámica de ubicación del tramo para reemplazo de cobertura inferior



Figura 17. Zona 4 Tramo 6 - Faja 5



Figura 18. Zona 4 Ubicación de toma 220 V ubicado en la cabeza de la faja 5



Figura 19. Zona 4 Ubicación Punto de acopio ubicado en acceso a la faja 6

3.2. Ejecución

En el servicio de reparación de cobertura inferior de faja transportador #4 y #5 se realizaron las siguientes actividades:

3.2.1. Preliminares

3.2.1.1. Movilización y desmovilización de equipos y herramientas.

Se trasladaron, desde el almacén central (Sede Lima) hasta la zona de trabajo (Unidad Minera Cerro Lindo), todos los equipos y herramientas necesarios para ejecutar el servicio. El alcance comprende andamios, herramientas manuales y cualquier otro equipo o material específico requerido para el cambio de los cobertores inferiores para las estructuras. Asimismo, se habilitaron espacios temporales con áreas de descanso y zonas seguras destinadas al almacenamiento de herramientas y materiales conforme al plan de trabajo establecido.

3.2.1.2. Movilización de personal

Se gestionó el traslado del personal especializado requerido para ejecutar las actividades de reparación de estructuras. Como parte de esa gestión, se comprobó que cada integrante estuviese acreditado y que cumpliera íntegramente los requisitos de seguridad establecidos. Antes del inicio de las labores, se impartió una inducción a todo el personal participante en el servicio, enfocada en los procedimientos de seguridad específicos de la tarea, en el uso correcto de los equipos de protección personal (EPP) y en el cumplimiento de las normativas vigentes del sitio.

3.2.1.3. Reforzamiento de estructuras de soporte de cobertores

Se realizó el reforzamiento de las estructuras existentes en el taller INTECSA por medio de arco eléctrico con máquina de soldar y electrodo 6011 de 1/8" (cellocord) y 7018 de 1/8" (supercito), uniendo PLATINA A-36 X de 2" x 1/4" de espesor y ANGULO A-36 X 6 MT de 2" X 1/4" de espesor.

La Dimensiones (5.9 x 1.6 x 0.5) Peso 100 Kg. Aprox.

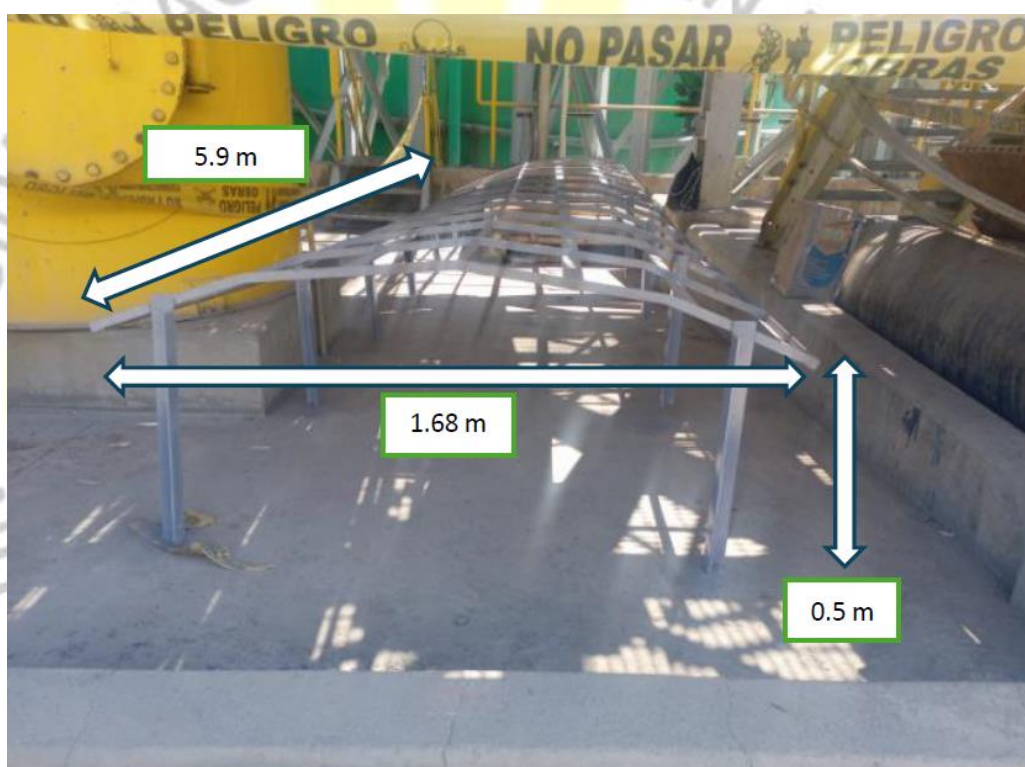


Figura 20. Dimensiones de la cobertura inferior

3.2.1.4. Acondicionamiento de área y facilidades

Antes de iniciar las actividades propias del cambio de las coberturas inferiores de las fajas se realizó lo siguiente:

Se instalaron carpas provisionales en puntos estratégicos como refugios ante climas adversos, así como áreas de rehidratación para días soleados.

Se habilitaron puntos de acopio temporal para cajas de herramientas, componentes de andamios, etc.

Se instalaron servicios higiénicos en puntos cercanos al área de trabajo

3.2.1.5. Habilitación de accesos peatonales.

Se realizó el habilitado de acceso en zonas complicadas de transitar para el personal, haciendo uso de cáncamos, sogas/driza de 5/8", tabloncillos de madera en caso se necesite habilitar escalones

3.2.2. Ejecución del montaje

3.2.2.1. Montaje de Andamios.

Para la secuencia del montaje de andamios para las fajas transportadoras 4 y 5 se consideró un PETS elaborado según la evaluación de los diferentes peligros identificados en las zonas de trabajo; dado que los escenarios eran muy parecidos, se mencionaron los siguientes pasos generales

Teniendo en cuenta el capítulo anterior, para el traslado de los componentes de andamios y de los equipos y herramientas a usar, se procedió a realizar el montaje según el modelo Layer, modulación 1–2.

- Como primer paso, se identificaron las zonas a intervenir que tenían prioridad de atención; para ello, se realizó una coordinación en campo con el cliente.
- Se consideró iniciar las actividades en la siguiente secuencia:
 - ZONA 1 – Tramo 1–2
 - ZONA 2 – Tramo 3–4
 - ZONA 3 – Tramo 5
 - ZONA 4 – Tramo 6

- Se consideró realizar el montaje de andamios por tramos, de aproximadamente 06 ml, considerando dos pórticos que fueron soportes de la misma estructura de la faja.
- En el primer y segundo pórtico se realizó el montaje de torres, que sirvieron como accesos de subida y bajada, debidamente arriostradas a la estructura mencionada.
- Una vez montadas las torres, se unieron mediante andamios en voladizo, lo que permitió generar una especie de puente y, a su vez, una plataforma de trabajo para el cambio de cobertores inferiores.
- Según la altura a la que se realizó el montaje, se consideró utilizar poleas metálicas para el izaje de componentes de andamios y cobertura.
- Durante el izaje del andamio se bloqueó una dirección de la vía; hubo dos vigías de tránsito en cada sentido con radio (aprox. 15 a 20 min)

3.2.2.2. Plan de Bloqueo de equipos y energía cero

De acuerdo con la programación del cliente y su plan de mantenimiento, se estableció realizar paradas de mantenimiento programado a sus fajas transportadoras de manera interdiaria (martes, jueves y sábado); estas ventanas se utilizaron para la intervención de los equipos, cuando se requirió, en los siguientes casos:

- Si el tramo a reparar no contaba con protección en buen estado de la cobertura inferior, es decir, se encontraba abierto con

riesgo de caída de material, fue necesario bloquear la faja para realizar la instalación de cubrecabezas (paneles de madera).

- INTECSA contó con personal autorizado y capacitado para ejercer la función de solicitante de bloqueo, quien fue responsable de la administración de la caja de bloqueo.
- Para el escenario en que se tuvo que intervenir el equipo a una distancia considerable de la zona de bloqueo, se hizo uso de la caja de bloqueo, la cual, una vez que el ejecutante realizó el bloqueo, fue trasladada al frente de trabajo.
- Con la finalidad de optimizar los tiempos y aprovechar al máximo el horario restringido para los trabajos programados, se solicitó al cliente, por intermedio de su área respectiva, realizar un bloqueo especial que consistió en lo siguiente: una vez realizada la acción de bloqueo por el ejecutante y el solicitante, se comunicó al personal a intervenir a través de radio, teléfono celular y/o confirmación mediante el envío de fotografía de forma instantánea, se autorizó la intervención del equipo y, en un tiempo no mayor de 20 minutos aproximadamente, se regularizó el bloqueo con los candados propios de cada uno del personal involucrado.
- Para realizar el desbloqueo, se cumplió el procedimiento: se retiraron los candados del personal involucrado en la actividad y luego se entregó la caja de bloqueo al personal encargado de trasladarla hasta la sala eléctrica donde se encontraba bloqueado.

- El supervisor verificó que se había realizado el cierre correcto de la tarjeta de bloqueo y firmó la solicitud de desbloqueo.
- Se verificó la matriz de bloqueo con el área correspondiente

3.2.2.3. Ejecución de las actividades

Se realiza el suministro de la cobertura que consiste en policarbonato transparente de 6mm, soportes, marcos, pernos, y retenedor. Se adjunta plano de ensamble y lista de materiales. Ver figura 21

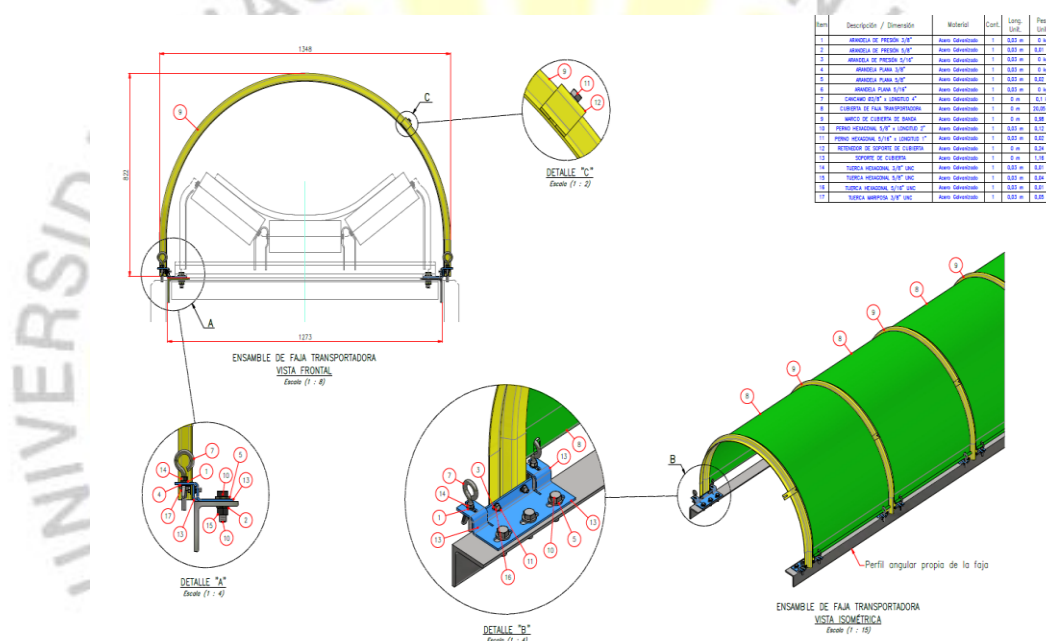


Figura 21. Plano de Montaje

Se realizará el montaje de andamio 1 cuerpo desde el nivel del piso. Ver figura 22.



Figura 22. Zona de montaje de andamios

Desmontaje y Montaje de 11 guardas existentes (12 kg Aprox cada uno).

Ver figura 23



Figura 23. Señalización de la ubicación de guardas a retirar

Instalación de cobertura 10 metros lineales. Ver figura 2



Figura 24. *Plano de Montaje de cobertura*

Retiro y Limpieza del área de cobertura existente. Ver figura 25



Figura 25. *Foto actual de cobertura a retirar*

Los residuos metálicos se acopiarán en punto indicado y el acceso es por la escalera. Ver figura 26



Figura 26. Ubicación del punto de acopio y acceso hacia la plataforma

1. Se iniciará con la delimitación y señalización del área para el montaje de andamio en la zona indicada(Ver Fig.2)de la faja 4, garantizando la estabilidad y fijación con las bases de apoyo (husillos). Se asegurará el bloqueo de los accesos con conos y barras retráctiles para evitar el ingreso del personal no autorizado.
2. Para que el personal se traslade hacia la parte superior deberá contar su sistema anti caída (arnés de cuerpo entero, conector de anclaje (faja conectora), tambor retráctil y correas anti trauma), para el traslado sobre el acceso hacia la faja, el personal debe permanecer anclado en todo momento sobre los andamios usando arnés.

3. Una vez instalado el andamio, se procederá a realizar el desmontaje de las guardas mediante llave mixtas de $\frac{3}{4}$ " (4 tuercas) Para luego retirar la cobertura deterioradas usando llaves mixtas de $\frac{15}{16}$ ", si el caso se requiere realizar corte de pernos se usará un esmeril de $4 \frac{1}{2}$ " o máquina de soldar.

4. Una vez liberada la cobertura, se sujetará en ambos extremos manualmente (dos personas). Desde la parte superior se realizará el izaje de la cobertura dañados hacia la parte inferior.

5. Si la cobertura dañada está muy deteriorada se procederá a retirar por pequeñas partes a través del acceso peatonal de la faja, se tendrá personal para la recepción del material y posteriormente trasladarlo hacia el punto de acopio ver Fig. (6).

6. Una vez retirado la cobertura en mal estado, se trasladarán al contenedor de residuos sólidos color amarillo.

7. Para el traslado de la nueva cobertura se realizará manualmente en 4 piezas (Soporte de cubierta, retenedor de cubierta, los marcos y policarbonato.) y el peso de la cobertura por metro lineal es 10 kg aprox.

8. Luego se iniciará con el montaje de la cobertura de policarbonato de manera manual en 3 pasos:

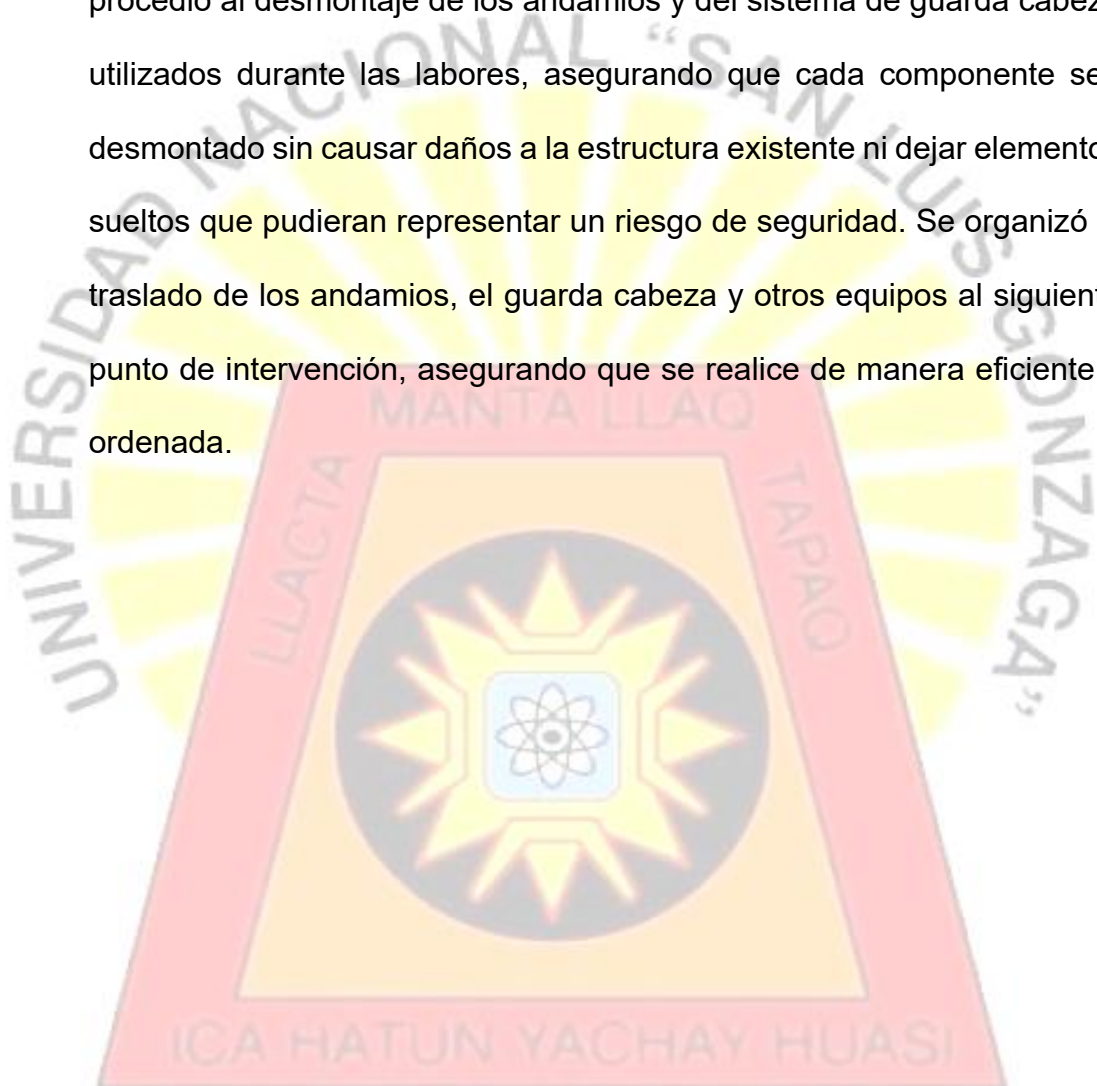
- a. Colocación de soportes en ambos extremos de la estructura de la faja con sus pernos de $\frac{5}{8}$ " x 2" (6 unidades)
- b. Colocación de marco que será empernado con los soportes de la cobertura con pernos de $\frac{5}{16}$ " x 1" (4 unidades)
- c. Colocación del policarbonato con el retenedor que será sujetado con perno de $\frac{5}{16}$ " x 1"(2 unidades).

9. Una vez instalada la cobertura en su posición final, se realizará el torqueo de los pernos con llaves mixtas de 1/2" y 15/16".

10. Para esta labor se contará con una cuadrilla de 8 colaboradores.

Se contará con vigías permanentes en parte inferior de la faja.

Una vez concluidas todas las actividades de instalación y montaje, se procedió al desmontaje de los andamios y del sistema de guarda cabeza utilizados durante las labores, asegurando que cada componente sea desmontado sin causar daños a la estructura existente ni dejar elementos sueltos que pudieran representar un riesgo de seguridad. Se organizó el traslado de los andamios, el guarda cabeza y otros equipos al siguiente punto de intervención, asegurando que se realice de manera eficiente y ordenada.



IV. DISCUSIÓN

Se examina cómo una gestión de proyectos rigurosa aporta control de alcance, tiempo, costo, calidad y seguridad al cambio de coberturas inferiores en fajas transportadoras de la Unidad Cerro Lindo. La lógica de intervención articuló planificación, secuenciación por frentes, control de riesgos y aseguramiento de suministros, con la expectativa de traducir la disciplina operativa en menor variabilidad del cronograma y menos contingencias en campo.

En relación con el objetivo general, los hallazgos muestran una influencia positiva de la gestión de proyectos sobre la ejecución del cambio de coberturas. La convergencia con Fuenmayor se explica porque, al igual que en su análisis técnico-económico, la estandarización de decisiones disminuye el costo total del ciclo, aun si la naturaleza del trabajo (implementación vs. reemplazo localizado) difiere. Paralelamente, la coincidencia con Riveros puede atribuirse a que el control del entorno (polvo, lubricación, puntos de parada) se incorpora tempranamente como entregable del plan, mitigando modos de falla que, sin gobierno del proyecto, reaparecen como causas crónicas.

En el objetivo específico relativo al reforzamiento de estructuras existentes, la mejora observada dialoga con Pérez: la alineación de paquetes de trabajo y la mantenibilidad responde a la adopción de criterios tipo RCM en la matriz de riesgos y al rol de un equipo multidisciplinario que decide “qué hacer” y “cuándo hacerlo”. A su vez, la coherencia con Alcocer y Yauri puede deberse a que la gestión del cambio contempla limitaciones físicas (motores, velocidades, recubrimientos) desde el diseño del cronograma, evitando incrementos de capacidad que erosionen la integridad del sistema.

En el reemplazo de coberturas metálicas por policarbonato, los resultados se corresponden con Acuña: la confiabilidad aumenta cuando la elección de materiales reduce deformaciones y facilita intervenciones; ello obedece a menores tiempos de acceso y a una mejor ergonomía en tareas repetitivas. Además, la consistencia con Granda puede deberse a una selección técnica informada (peso, tamaño de partícula, seguridad integrada), en la que las nuevas coberturas armonizan con criterios de operación y mantenimiento. En suma, las implicancias apuntan a institucionalizar la gestión de proyectos (líneas base y control de cambios) y a escalar las lecciones aprendidas; como límite, los resultados se circunscriben al contexto operativo de 2025 en Cerro Lindo.



V. CONCLUSIONES

- a) Se concluye que la gestión de proyectos incidió positivamente en el cambio de coberturas inferiores en Cerro Lindo (2025), al estructurar alcance, cronograma, calidad y seguridad mediante líneas base y control de cambios. La planificación, el abastecimiento oportuno y el control de riesgos redujeron variabilidad y reprogramaciones, favoreciendo ejecución continua y alineando el desempeño con las metas previstas.
- b) En el reforzamiento de estructuras de fajas existentes, se confirma la influencia de la gestión de proyectos al integrar criterios de mantenibilidad y matrices de riesgo en la planificación de paquetes. Se debió a secuenciación realista, coordinación multidisciplinaria y controles de calidad que mitigaron retrabajos y detenciones, estabilizando rendimientos y asegurando la integridad estructural sin comprometer la continuidad operativa.
- c) En el reemplazo de coberturas metálicas por policarbonato, la gestión de proyectos mostró efecto favorable al definir estándares de materiales, logística y seguridad desde el diseño. Se atribuye a menor peso y mejor accesibilidad, que acortaron intervenciones, facilitaron inspecciones y redujeron interferencias. El control de cambios y el suministro oportuno sostuvieron avances, elevando la confiabilidad y la calidad de terminación.

VI. RECOMENDACIONES

- a) Institucionalizar una gobernanza de proyectos con línea base de alcance, cronograma y costo; control de cambios y evaluación por valor ganado. Implementar tablero visual y registro de riesgos con responsables y fechas.
- b) Para reforzamiento de estructuras, adoptar RCM/RCFA y AMEF vivo por tramo, con puntos de control de calidad y “hold points”. Programar ventanas de intervención y repuestos críticos; verificar torque, alineamiento láser y NDT en componentes sensibles. Mitigar polvo y lubricación deficiente; proteger botoneras de emergencia con cubiertas; activar andon para desvíos y auditorías de cierre con checklist estructurado.
- c) Para el reemplazo metálico/policarbonato, estandarizar especificaciones (espesor, resistencia UV/impacto, comportamiento al fuego) y calificar proveedores. Usar kits modulares ergonómicos y LOTO; planificar izaje/traslado con prevención de caída de objetos. Optimizar accesos para inspección rápida; fijar frecuencias de mantenimiento e inventarios de seguridad. Controlar deslumbramientos y temperatura; gestionar cambios con comité técnico y verificación de calidad por lote.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Ministerio de Energía y Minas, “Anuario Minero 2023”, Minem. Consultado: el 4 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minem/informes-publicaciones/5804716-anuario-minero-2023>
- [2] Z. Fuenmayor, “Estudio Técnico-económico en la implementación de un sistema de bandas transportadoras para el acarreo de estéril en el área de la Mina Paso Diablo Sur, Carbozulia S.A. (Tesis de pregrado)”, Universidad Central de Venezuela, Venezuela, 2015. Consultado: el 2 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: <http://saber.ucv.ve/handle/10872/10145>
- [3] G. Riveros, “Diseño de un plan de mantenimiento preventivo a cintas transportadoras para optimizar las fallas y su disponibilidad en el proceso minero en Mina Chépica (Tesis de pregrado)”, Universidad de Talca, Chile, 2021. Consultado: el 2 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: <http://dspace.otalca.cl/handle/1950/12833>
- [4] C. Acuña, “Propuesta de un plan de mejora de una correa transportadora CV-004 en Minera Spence, región de Antofagasta, Chile (Tesis de pregrado)”, Universidad de Atacama, Chile, 2023. Consultado: el 2 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://repositorioacademico.uda.cl/server/api/core/bitstreams/ec74e82e-52ad-4360-ac24-49f7068e86b7/content>
- [5] P. Pérez, “Mejora de la disponibilidad mediante la implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad de faja transportadora en la Minera Chinalco (Tesis de pregrado)”, Universidad Alas Peruanas, Lima,

2021. Consultado: el 2 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en:
<https://repositorio.uap.edu.pe/handle/20.500.12990/10235>
- [6] J. Granda, “Mantenimiento y cambio total de una faja transportadora de 15 KM de desarrollo por desgaste en Minera Las Bambas (Tesis de pregrado)”, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, 2020. Consultado: el 2 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en:
<https://repositorio.unsa.edu.pe/items/e8951d3f-bd67-485e-9f01-6267334ce142>
- [7] B. Alcocer y E. Yauri, “Mejora de la capacidad de la faja transportadora (Overland) de mineral grueso en la Compañía Minera Antapaccay, Cusco - 2020 (Tesis de pregrado)”, Universidad Antonio Ruiz de Montoya, Lima, 2021. Consultado: el 2 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en:
<https://repositorio.uarm.edu.pe/items/4b9990a1-e7ae-40bc-ae30-e0ceda6c87e1>
- [8] J. Acuña, “Análisis para la implementación de una banda transportadora para mineral en el circuito de chancado de la CIA Minera MAPERU (Tesis de pregrado)”, Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, 2016. Consultado: el 4 de octubre de 2025. [En línea]. Disponible en:
<https://repositorio.uncp.edu.pe/items/b163e88a-3731-4163-bd9a-c3e3c2abe280>
- [9] J. Cenobio, G. Jaramillo, y I. Serrano, *Gestión de la calidad en procesos de servicios y productivos*. México D.F: Instituto Politécnico Nacional, 2006.
- [10] M. Mallar, “La gestión por procesos: Un enfoque de gestión eficiente”, *Revista Científica Visión de Futuro*, vol. 13, núm. 1, pp. 1–23, 2010,

- Consultado: el 19 de marzo de 2023. [En línea]. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/pdf/3579/357935475004.pdf>
- [11] B. Núñez, H. Cordero, y D. López, “Sistema De Gestión De Competitividad Para Proveedoras Del Sector Minero”, *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia*, vol. 43, núm. 1, pp. 19–25, 2020, Consultado: el 3 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/journal/6057/605764200005/605764200005.pdf>
- [12] Consorcio Minero Horizonte S.A., “Programas y Herramientas de Gestión”. Consultado: el 22 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en:
<https://cmh.com.pe/controles-y-herramientas/#:~:text=VEO>
- [13] R. Meleán-Romero y F. Torres, “Gestión de costos en las cadenas productivas: reflexiones sobre su génesis”, *RETOS. Revista de Ciencias de la Administración y Economía*, vol. 11, núm. 21, pp. 131–146, 2021, Consultado: el 13 de mayo de 2025. [En línea]. Disponible en:
<https://doi.org/10.17163/ret.n21.2021.08>
- [14] Autex Open, “Operación y Gestión de la producción: ejemplos, sistema y etapas”. Consultado: el 22 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en:
<https://www.autex-open.com/operaciones/gestion-produccion/>
- [15] Comeco, “Fajas transportadoras: La opción más eficiente para el traslado de materiales en el sector minero”. Consultado: el 4 de octubre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://comeco.com.pe/fajas-transportadoras-la-opcion-mas-eficiente-para-el-traslado-de-materiales-en-el-sector-minero/>
- [16] ECORSA SAC, “Faja transportadora”, ECORSA SAC. Consultado: el 4 de octubre de 2025. [En línea]. Disponible en:

<https://ecorsasac.com/index.php/productos/fajas-transportadoras-ecorsasac>

- [17] Rumbo Minero, “Fajas transportadoras: accesorios y servicio de mantenimiento”, 2022. Consultado: el 4 de octubre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.rumbominero.com/revista/informes/fajas-transportadoras-productividad-mineria/>
- [18] J. Canazas, “Influencia de la implementación de fajas transportadoras para la producción de harina de trigo en el molino ‘El Pino S.R.L.’, Majes - Caylloma 2018 (Tesis de pregrado)”, Universidad Alas Peruanas, Arequipa, 2019. Consultado: el 4 de octubre de 2025. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.uap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12990/5654/Tesis_Fajas_Transportadoras_produccion_harina_arequipa.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Puede%20decirse%20que%20la%20cinta,tejido%20de%20alambre%20o%20textil
- [19] Ministerio de Energía y Minas, “D.S. N°023-2017-EM”, 18/08/2017. [En línea]. Disponible en: http://www.minem.gob.pe/_legislacionM.php?idSector=1&idLegislacion=1799
- [20] T. Antezano, “Fajas transportadoras: ¿Cómo mejoran la productividad minera?”, Tecnología Minera. Consultado: el 4 de octubre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://tecnologiaminera.com/noticia/fajas-transportadoras-como-mejoran-la-productividad-minera-1603347976>
- [21] D. Alegría, L. Guamán, A. Robles-Riofrío, y S. Toapanta-Delgado, “Adaptación del PMBOK en la gestión de proyectos mineros a cielo

- abierto”, *FIGEMPA Investigación y Desarrollo*, vol. 18, núm. 2, pp. 153–161, 2024, Consultado: el 4 de octubre de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/388505863_Adaptacion_del_PMBOK_en_la_gestion_de_proyectos_mineros_a_cielo_abierto#:~:text=%E2%80%A2%20Enfoque%20en%20el%20Valor%3A,capacidad%20de%20generar%20valor%2C%20considerando
- [22] C. Couvreur, “¿Transporte de minerales, desmonte y relaves por camión o faja transportadora?”, *Horizonte Minero*. Consultado: el 4 de octubre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.horizonteminero.com/transporte-de-minerales-desmonte-y-relaves-por-camion-o-faja-transportadora/>
- [23] S. Carrasco, *Metodología de la investigación científica*. Lima: Editorial San Marcos, 2007.
- [24] C. Ocegueda, *Metodología de la Investigación: Métodos, técnicas y estructuración de trabajos académicos*, 2da ed. México D.F: ALBOX, 2015. Consultado: el 2 de diciembre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/330409452_Metodologia_de_la_Investigacion_Metodos_Tecnicas_y_estructuracion_de_trabajos_academicos
- [25] R. Hernández, C. Fernández, y M. del P. Baptista, *Metodología de la Investigación*, 6ta ed. México D.F: Mc Graw Hill, 2014. Consultado: el 14 de octubre de 2022. [En línea]. Disponible en: https://periodicooficial.jalisco.gob.mx/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf

- [26] P. López-Roldán y S. Fachelli, *Metodología de la Investigación Social Cuantitativa*. Barcelona: Creative Commons, 2015. Consultado: el 30 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: https://ddd.uab.cat/pub/caplli/2016/163567/metinvsoccua_a2016
- [27] J. Yuni y C. Urbano, *Técnicas para investigar. Recursos metodológicos para la preparación de proyectos de investigación*, 1era ed., vol. 2do. Argentina: Editorial Brujas, 2014. Consultado: el 4 de noviembre de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2016/01/T%C3%A9nicas-para-investigar-2-Brujas-2014-pdf.pdf>
- [28] A. del Cid, R. Méndez, y F. Sandoval, *Investigación. Fundamentos y metodología*, 2da ed. México: Pearson Educación, 2011. Consultado: el 30 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://josedominguezblog.wordpress.com/wp-content/uploads/2015/06/investigacion-fundamentos-y-metodologia.pdf>



VIII. ANEXOS

Anexo N°1: Operacionalización de variables

VARIABLES	TIPO DE VARIABLE	INDICADORES	TÉCNICA/INSTRUMENTO
GESTION DE PROYECTOS	CUALITATIVO	• Planificación • Preparación de campo • Ejecución • Cierre	Técnica del ANALISIS DOCUMENTAL
CAMBIO DE COBERTURA DE FAJAS TRANSPORTADORAS	CUANTITATIVO	• Actividad de reforzamiento de estructuras de fajas existentes • Actividad de reemplazo de coberturas de fajas metálicas a policarbonato	Técnica de LA OBSERVACIÓN DIRECTA

Anexo N° 2: Matriz de consistencia

GESTIÓN DE PROYECTOS EN EL CAMBIO DE COBERTURAS INFERIORES DE LAS FAJAS TRANSPORTADORAS DE MINERALES – UNIDAD CERRO LINDO – NEXA 2025

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general			
¿De qué manera la gestión de proyectos influye en el cambio de coberturas inferiores de las fajas transportadoras de minerales – Unidad Minera Cerro Lindo – Nexa 2025?	Determinar que la gestión de proyectos influye en el cambio de coberturas inferiores de las fajas transportadoras de minerales – Unidad Minera Cerro Lindo – Nexa 2025.	La gestión de proyectos influye en el cambio de coberturas inferiores de las fajas transportadoras de minerales – Unidad Minera Cerro Lindo – Nexa 2025.	Variable X: GESTION DE PROYECTOS	- Planificación - Preparación de campo - Ejecución - Cierre	Tipo: Aplicada Nivel: Descriptivo Diseño: No experimental Población: la población estará conformada por todas las fajas transportadoras de mineral de la Unidad Minera Cerro Lindo, en el año 2025. Muestra: La muestra estará conformada por las fajas transportadoras F4 y F5.
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas			
¿De qué manera la gestión de proyectos influye en la actividad de	Determinar que la gestión de proyectos influye en la actividad de	La gestión de proyectos influye en la actividad de reforzamiento de estructuras de fajas	Variable Y: CAMBIO DE COBERTURA	- Actividad de reforzamiento de estructuras de fajas existentes - Actividad de reemplazo de	Técnicas: La observación directa y el análisis documental

reforzamiento de estructuras de fajas existentes – Unidad Minera Cerro Lindo – Nexa 2025? ¿De qué manera la gestión de proyectos influye en la actividad de reemplazo de coberturas de fajas metálicas a polycarbonato – Unidad Minera Cerro Lindo – Nexa 2025?	reforzamiento de estructuras de fajas existentes – Unidad Minera Cerro Lindo – Nexa 2025. Determinar que la gestión de proyectos influye en la actividad de reemplazo de coberturas de fajas metálicas a polycarbonato – Unidad Minera Cerro Lindo – Nexa 2025.	existentes – Unidad Minera Cerro Lindo – Nexa 2025. La gestión de proyectos influye en la actividad de reemplazo de coberturas de fajas metálicas a polycarbonato – Unidad Minera Cerro Lindo – Nexa 2025	FAJAS TRANSPORTADORAS	coberturas de fajas metálicas a polycarbonato	
--	--	--	--------------------------	---	--

Anexo N° 3: Contratación del servicio

Encabezado	Alcance Técnico	Riesgos Críticos	Medio Ambiente	Envío Suministros
Obligaciones Contratada	Obligaciones Contratante	Visita Técnica	Anexos	Subcontratación
Obligaciones Contratada	Obligaciones Contratante	Visita Técnica	Anexos	Subcontratación
nexa	NEXA RESOURCES PERU S.A.A.	Código	CA-P-17-1	
	Alcance Técnico para Contratación de Servicios	Revisión	0.0	
		Área	Compras	
		Páginas	10	
INFORMACIÓN PARA SUMINISTROS				
Tipo de Contratación: 10 - Urgente	Valor aprobado en Presupuesto (USD \$):	Ex Funcionario: No	Proceso Normal	
INFORMACIONES BÁSICAS				
Fecha de emisión: 28/01/2025	Solicitante: Nilo Dávila	N° de la solicitud:		
Área Solicitante: Planta	Unidad: Cerro Lindo	Centro: 7929		
Gestor Técnico: Samuel Ospina	E-mail: samuel.ospina@nexaresources.com	Teléfono: (9)1461-2785		
Familia: SPOT	Categoría: Servicios de compras y almacén	Subcategoría:		
Objeto de servicio(s): Servicio de Cambio de Cobertores y Bandejas Faja 4 y 5				
Naturaleza del servicio No Esencial o Eventual	Dominio del servicio Externo	Duración (meses): 3	Cronograma: Aplicable	

Encabezado	Alcance Técnico	Riesgos Críticos	Medio Ambiente	Envío Suministros
Obligaciones Contratada	Obligaciones Contratante	Visita Técnica	Anexos	Subcontratación
Obligaciones Contratada	Obligaciones Contratante	Visita Técnica	Anexos	Subcontratación
RIESGOS CRÍTICOS Y REQUISITOS LEGALES				
SEGURIDAD				
Marque	Descripción de Riesgos	Marque	Habilitación	Tema del Curso
	PROTECCIÓN DE MÁQUINAS			
X	BLOQUEO DE ENERGÍAS			
	SUSTANCIAS QUÍMICAS			
	VEHÍCULOS Y EQUIPOS MÓVILES			
X	PREVENCIÓN DE CAÍDAS		Personal andamiado certificado.	
	ESPACIO CONFINADO			
X	CARGAS SUSPENDIDAS		Obligatorio de Operadores de Polipastos Obligatorio de Operadores de Puentes Grúas Obligatorio de Operadores de Grúas para catodostanódos Obligatorio de Rigger Obligatorio de Operador de Grúa Móvil	
	SISTEMAS PRESURIZADOS			
	INSTALACIONES ELÉCTRICAS			
	METAL FUNDIDO			

Encabezado	Alcance Técnico	Riesgos Críticos	Medio Ambiente	Envío Suministros
Obligaciones Contratada	Obligaciones Contratante	Visita Técnica	Anexos	Subcontratación
Obligaciones Contratada				
Obligaciones Contratante				
Riesgos Críticos				
Medio Ambiente				
Envío Suministros				
Crear Alcance				
MEDIO AMBIENTE:				
01 - Consumo de Recursos Naturales				
02 - Rompimiento de Presa				
03 - Incendio Forestal				
04 - Degradación de Áreas y Descomisión				
05 - Eliminación de Efluentes fuera de los Estándares				
06 - Emisiones atmosféricas fuera de los estándares				
07 - Destino Final de Residuos Peligrosos				
08 - Accidentes en el transporte de cargas peligrosas				
09 - Nuevos Proyectos				
10 - Ninguno				
REQUISITOS LEGALES				
1. Cumplimiento de compromisos ambientales aprobados en los instrumentos de gestión ambiental de Nexa				
2. Cumplimiento de requisitos ambientales referentes a la actividad a realizar (residuos, efluentes, emisiones fijas y móviles)				
Documentos Obligatorios de Medio Ambiente				
1. Planilla de Evaluación de Riesgos del área donde realizará la actividad. (Para Medio Ambiente MA-P-01)				
2. Directrices Ambientales de la Política de Gestión Integrada para difusión y conocimiento en los diferentes niveles del personal de la contratista.				
3. Procedimientos Operacionales del área para aplicación de Controles Ambientales (difusión de requisitos ambientales de cada planta)				
4. Plan de Emergencia de Cerro Lindo, para información en los diferentes niveles del personal de la contratista.				
5. Procedimiento Gerencial del riesgo crítico asociado a su actividad.				

Encabezado	Alcance Técnico	Riesgos Críticos	Medio Ambiente	Envío Suministros
Obligaciones Contratada	Obligaciones Contratante	Visita Técnica	Anexos	Subcontratación
Obligaciones Contratada				
Obligaciones Contratante				
Riesgos Críticos				
Medio Ambiente				
Envío Suministros				
Crear Alcance				
OBLIGACIONES DE LA EMPRESA TERCERA				
DISPOSICIONES GENERALES				
1. Comparecer a la visita técnica en la fecha marcada por la CONTRATANTE con profesional técnico cualificado para conocimiento detallado de este alcance, de los equipos y de los lugares de trabajo.				
2. Deberá proporcionar a sus empleados todos los materiales de seguridad necesarios para el desempeño de sus actividades y determinados por el sector de Seguridad Industrial de la CONTRATANTE, obligándose a fiscalizar a su personal en la utilización de estos EPI's y obedecer las Normas Regulatorias de Seguridad y Salud en el Trabajo.				
3. Entregar a sus trabajadores bajo su costo los equipos, herramientas, maquinaria, insumos y demás para el cumplimiento de su trabajo.				
4. Es el único responsable de dirigir, fiscalizar y sancionar a sus trabajadores.				
5. Acatar, atender, instruir y poner a la disposición de sus empleados el entrenamiento sobre las "Reglas de Oro/Gestión de Consecuencias" de Cerro Lindo (Procedimiento SSO-P-42), bajo pena de solicitar el retiro y bloqueo de la Empresa Tercera para acceder a las Unidades de la CONTRATANTE y restricciones en el registro "Proveedores" de no cumplir con lo indicado. Estas Reglas de Oro son:				
TRABAJO EN ALTURA: Los trabajos realizados en altura superior a un metro ochenta requieren el uso de sistema de prevención de caídas y punto				
BLOQUEO Y AISLAMIENTO DE: Exposición del cuerpo a riesgos donde hay liberación de energías - utilización de la matriz de bloqueo.				
ESPACIO CONFINADO: Sólo realizar por profesionales capacitados y autorizados después de la emisión de PPT (Permiso de Trabajo)				
VEHÍCULOS LIVIANOS Y EQUIPOS MÓVILES: Es obligatorio el uso del cinturón de seguridad, prohibido utilizar el celular y respetar los límites de velocidad.				
ALCOHOL Y DROGAS: Ejercer sus actividades sin la influencia de estas sustancias.				
CAÍDA DE FRAGMENTOS DE ROCA: La entrada en frentes de explotación y desarrollo sólo se permitirá después de que se realice la inspección formal que compruebe la ausencia de fragmentos de roca.				
CARGAS SUSPENDIDAS: Sólo con equipos propios para actividades, con check list de inspección en conformidad, liberación de PPT, plan de "rigging" y área de operación aislada y señalizada.				
PROTECCIÓN DE MÁQUINAS: Sólo podrán retirarse las protecciones con las máquinas y equipos bloqueados y en estado de energía cero.				
SUSTANCIAS QUÍMICAS PELIGROSAS: Manejo sólo con equipos de protección individual aprobados por el SSMA y autorizados como lista maestra.				
COMUNICACIÓN DE ACCIDENTES: Cualquier accidente, independientemente de su gravedad, debe ser comunicado.				
AUTORIZACIÓN DE TRABAJO: Todas las actividades relacionadas con los "RIESGOS CRÍTICOS" deben ser autorizados formalmente.				
EVALUACIÓN DE RIESGOS: Antes de cualquier actividad, se debe realizar una evaluación previa y formal de los riesgos por medio de las siguientes herramientas: APR, Procedimientos para actividades rutinarias y / o PPT.				
6. Cumplir con los procedimientos de SSMA (Salud, Seguridad y Medio Ambiente) de la unidad de actuación de Cerro Lindo, ofreciendo a sus colaboradores los recursos necesarios, principalmente EPP's para cumplir con la legislación y políticas pertinentes a las actividades.				
7. Adecuar los horarios de los trabajos de acuerdo con las necesidades de la CONTRATANTE.				

Encabezado	Alcance Técnico	Riesgos Críticos	Medio Ambiente	Envío Suministros
Obligaciones Contratada	Obligaciones Contratante	Visita Técnica	Anexos	Subcontratación
OBLIGACIONES DEL CONTRATANTE				
1. Guiar la visita técnica realizada por las empresas participantes en las licitaciones donde se requiera. 2. El cronograma de licitación se indica en el anexo xxx. 3. La fecha de servicio es en el mes de febrero. (Tan pronto estén habilitados y tengan la Orden de Compra) 4. Nexa proporcionará los repuestos y materiales requeridos, incluyendo: Faja transportadora, puntos de energía. No se incluye kit de vulcanizado herramientas, ni consumibles no indicados, los mismos que serán por la ee. 5. El alojamiento será proporcionado por Nexa en sus instalaciones, habitabilidad, agua, iluminación y disposición de aguas residuales. 6. En campo se brindará energía eléctrica, soporte con camión grúa para apoyo puntuales en manipuleo de materiales pesados.				

Encabezado	Alcance Técnico	Riesgos Críticos	Medio Ambiente	Envío Suministros
Obligaciones Contratada	Obligaciones Contratante	Visita Técnica	Anexos	Subcontratación
Visita Técnica				
Obligatorio				
Lugar de la visita:	Planta concentradora			
Fecha:	1/02/2025			
Horario:	9:00 a.m.			
Responsable VM:	Richard León			
E-mail Responsable de Cerro Lindo:	richard.leon@nexaresources.com			
Teléfono del responsable de Cerro Lindo:	954871093			
Requisitos para Visita:	Los representantes de la empresa tercera que vengán a la visita técnica en taller deberán tener como mínimo: SCTR (Seguro contra todo riesgo socavón) Seguro Vida Ley Examen Medico Ocupacional Anexo 16 A DNI o carnet de extranjería EPP'S (casco con barbiquejo, lentes de seguridad/sobrelentes, respirador, protectores auditivos, botas de seguridad con punta baquelita, ropa de 100% algodón, camisa, polo, casaca o chompa manga larga y con cintas reflectivas). Adicionales: (a indicar por cada solicitante) **{AGREGAR O ELIMINAR REQUISITOS SEGÚN REQUIERA LA VISITA}			

Inspección Gerencial

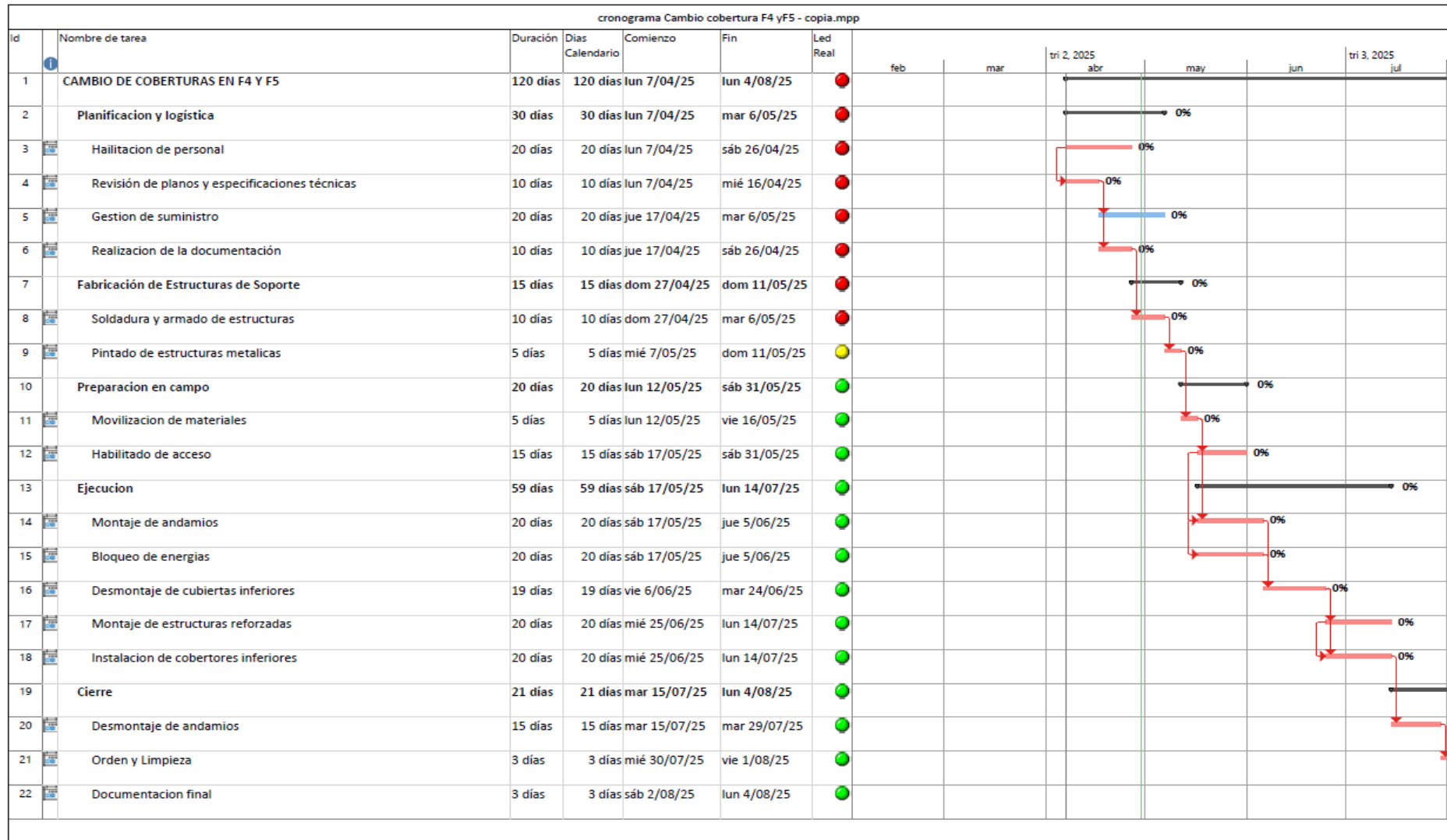
☐
☐

Inspección inopinada

#	Fecha	Hora	Inspector	Área	Lugar Inspeccionado	Observación realizada	Acto / Condición	Plan de Acción	% Avance	Hallazgo ANTES	Evidencia DESPUES
1	21/01/2025	10:00:00	C.GALLEGOS	Planta	FAJA 4 / ALTURA DE LOCOTRAC	Falta de cobertor	Condición	Colocar Cobertor	0%		
2	21/01/2025	10:00:00	C.GALLEGOS	Planta	FAJA 4 /POLEA DE CABEZA	falta de cobertores	Condición	Colocar un cobertor	0%		
3	21/01/2025	10:00:00	C.GALLEGOS	Planta	FAJA 5 / TAPA DE COBERTO COLA	falta de cobertores	Condición	Colocar un cobertor	0%		
4	21/01/2025	10:00:00	C.GALLEGOS	Planta	FAJA 5 / COLA DE LA 5	Falta Cobertor	Condición	Colocar Cobertor	0%		



Anexo N° 4: Cronograma



Anexo N° 5: Evidencia fotográfica



Ilustración 1: Fabricación de estructuras metálicas



Ilustración 2: Bloqueo de Faja 4



Ilustración 3: Montaje de andamios



Ilustración 4: Montaje de cobertores





CONSTANCIA

N° 003-MIN-DI-FIMM-2026

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud de **TESIS** cuyo título es:

**“GESTIÓN DE PROYECTOS EN EL CAMBIO DE COBERTURAS
INFERIORES DE LAS FAJAS TRANSPORTADORAS DE
MINERALES – UNIDAD CERRO LINDO – NEXA 2025”**

Presentado por:

ANDRES ANTONIO ORMEÑO ALMEYDA

Que, se ha recibido del operador del programa informático evaluador de originalidad de la Facultad de Ingeniería de Minas y Metalurgia de la UNICA, el informe automatizado de originalidad, el mismo que concluye de la siguiente manera:

El documento de investigación APRUEBA los criterios de originalidad con un porcentaje de similitud de 15%.

Para dar fe, se adjunta al presente el reporte de similitud de las bases de datos de iThenticate. **En Ica 07 de enero de 2026.**

Atentamente,

.....
DR. VICTOR MANUEL FLORES MARCHAN
DIRECTOR DE INVESTIGACION DE LA FIMM