

UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA



**ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA EL
CAMBIO DE RUEDAS DE CAMIONES DE EXTRACCIÓN EN COMPAÑÍA
MINERA DOÑA ÍNES DE COLLAHUASI SCM.**

Informe de Habilitación Profesional
presentado en conformidad a los requisitos
para optar al Título de Ingeniero Civil Mecánico
Profesor Guía:

Dr. JUAN CARLOS FIGUEROA BARRA.

RICARDO VALENTÍN ESTRADA NAVARRO
CONCEPCIÓN – CHILE

2014

SUMARIO

En el presente informe de habitación profesional se expone un estudio para la implementación de un sistema para el cambio de ruedas de camiones de extracción, desarrollado a petición de la Gerencia de Carguío y Transporte de la Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi.

La realización del cambio de ruedas en los camiones de extracción implica que los técnicos encargados de la tarea se expongan al riesgo de ser aplastados, situación que puede tener consecuencias fatales, por lo que este estudio está orientado a la búsqueda de una solución a esta problemática.

El desarrollo de este estudio se basa en la búsqueda y evaluación comparativa de alternativas existentes en el mercado para la realización del cambio de ruedas de manera segura, por lo que una introducción a los conceptos de gestión de riesgos, conceptos de disponibilidad y de análisis económico serán la base para efectuar este informe y determinar cuál es la mejor alternativa.

Una vez interiorizados de los conceptos claves, el primer paso consistió en determinar los requerimientos técnicos para la realización del cambio de ruedas, los procedimientos que se realizan actualmente y el nivel de riesgo asociado a estos.

En la sección siguiente se presentan las diferentes alternativas para el mejoramiento del proceso, se detallará su forma de funcionamiento, sus características técnicas, el costo para su implementación, la variación que generaran al tiempo del proceso, los riesgos que disminuyen o eliminan, y la compatibilidad técnica con los camiones.

Finalmente en base a la información recopilada se evaluó el efecto que produce la modificación del tiempo del cambio de ruedas en los costos de transporte, en el tiempo promedio de reparación, en el tiempo promedio entre fallas y en la disponibilidad de los equipos. Luego se realizó una evaluación de riesgo del proceso para poder comparar la situación actual con el efecto que produce cada una de las alternativas. Se finalizó la evaluación con un análisis económico que complementado con los análisis anteriores permitirá definir cuál es la alternativa más conveniente para la compañía.

TABLA DE CONTENIDOS

1 INTRODUCCIÓN	1
2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
3 OBJETIVOS	3
3.1 OBJETIVOS GENERALES	3
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
4 ANTECEDENTES DE LA COMPAÑÍA	4
4.1 PRODUCCIÓN DE COLLAHUASI	5
4.1.1 Costos operacionales y proyección 2014	6
4.2 GERENCIA DE CARGUÍO Y TRANSPORTE	6
4.2.1 Superintendencia mantención camiones	6
4.2.2 Flotas de camiones de extracción.....	6
4.2.2.1 Rendimiento operacional y porcentaje de utilización	7
4.3 TALLER DE NEUMÁTICOS	8
4.3.1 Empresa contratista encargada.....	8
4.3.2 Instalaciones del taller	8
4.3.2.1 Oficinas administrativas.....	8
4.3.2.2 Nave techada	8
4.3.2.3 Nave exterior	9
4.3.2.4 Bodegas	9
4.3.3 Equipos	10
4.3.3.1 Manipuladores de neumáticos	10
4.3.3.2 Equipo de montaje horizontal de neumáticos.....	11
4.3.3.3 Herramientas neumáticas	11

5 MARCO TEÓRICO	13
5.1 CLASIFICACIÓN DEL RIESGO.....	13
5.1.1 Procedimiento de Gestión de Riesgo de Collahuasi.	14
5.1.1.1 Establecer el Contexto	14
5.1.1.2 Selección del Tipo de Evaluación de Riesgo	14
5.1.1.3 Identificación del Riesgo	15
5.1.1.4 Identificación de Controles Existentes.....	15
5.1.1.5 Determinación de la Eficacia del Control de Riesgos	16
5.1.1.6 Determinación de la Consecuencia Anticipada	17
5.1.1.7 Determinación de la Probabilidad	17
5.1.1.8 Determinar el Nivel Actual de Riesgo	19
5.1.1.9 Determinación de la Prioridad para el Tratamiento del Riesgo y la Autoridad para la Tolerancia Continuada del Riesgo	20
5.1.1.10 Consecuencia Potencial Máxima	21
5.1.1.11 Tratamiento de los Riesgos	21
5.2.2.12 Monitoreo y Revisión.....	23
5.2 CONCEPTO DE DISPONIBILIDAD	24
5.2.1 Tasa de fallas	24
5.2.2 Tasa de reparación	24
5.2.3 Tiempo Promedio Entre Fallas (MTBF)	25
5.2.4 Tiempo Promedio Para Reparar (MTTR)	25
5.2.5 Disponibilidad.	26
5.3 MÉTODO DE EVALUACIÓN ECONÓMICA	26
5.3.1 Costo anual uniforme equivalente.	26

6 DESARROLLO	28
6.1 REQUERIMIENTOS TÉCNICOS Y PROCEDIMIENTOS	28
6.1.1 Tipos de llantas	28
6.1.1.1 Llanta no desmontable	28
6.1.1.2 Llantas desmontables	29
6.1.1.3 Esquema de montaje	30
6.1.2 Neumáticos, torques y tuercas	33
6.1.3 Procedimiento para cambio de ruedas	34
6.1.3.1 Ubicación del equipo y preparación previa	34
6.1.3.2 Retiro de tuercas	35
6.1.3.3 Montaje y desmontaje de llantas	35
6.1.3.4 Instalación y apriete de tuercas	38
6.1.3.5 Revisión del procedimiento	39
6.1.3.6 Tiempos asociados al procedimiento	40
6.2 RIESGOS ASOCIADOS AL CAMBIO DE RUEDAS	41
6.2.1 Equipo en movimiento con carga suspendida	41
6.2.2 Utilización de herramientas neumáticas y de torque.....	41
6.2.3 Efectividad de los controles.....	43
6.3 ALTERNATIVAS PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA.....	44
6.3.1 M.A.R. Automatic Wheel Change	44
6.3.1.1 Requerimientos para la instalación del sistema	45
6.3.1.2 Características de funcionamiento	46
6.3.1.3 Sistema de brazo robótico	49
6.3.1.4 Base para el montaje de los brazos robot	50
6.3.1.5 Herramientas del brazo robótico	50
6.3.1.6 Componentes del sistema de seguridad	51

6.3.1.7 Sistema de control abordó	51
6.3.1.8 Costo de implementación	52
6.3.1.9 Costo de mantención.....	53
6.3.1.10 Compatibilidad del sistema	53
6.3.1.11 Tiempos de cambio asociados al proceso	53
6.3.2 FMA sistema extractor de tuercas.....	54
6.3.2.1 Componentes del equipo	54
6.3.2.2 Ficha Técnica	56
6.3.2.3 Dimensiones	56
6.3.2.4 costos de implementación	57
6.3.2.5 Mantenimiento	57
6.3.2.6 Compatibilidad	57
6.3.2.7 Tiempos asociados al proceso	57
6.3.3 FMA Sistema de Seguridad y Control de Visión Vía Cámara para Montaje de llantas	58
6.3.3.1 Especificaciones técnicas	58
6.3.3.2 Requerimientos y compatibilidad	60
6.3.3.3 Tiempo asociado al proceso	61
6.3.3.4 Costo de implementación	61
6.3.3.5 Costo de mantención	61
6.3.4 SATTEL Sistema de cámara de video para equipos manipuladores	62
6.3.4.1 Especificaciones técnicas	62
6.3.4.2 Requerimientos y compatibilidad	64
6.3.4.3 Tiempo asociado al proceso	64
6.3.4.4 Costo de implementación	64
6.3.4.5 Costo de mantención.....	64
6.4 EVALUACIÓN DE RIESGO	65

6.4.1 M.A.R. Automatic Wheel Change	65
6.4.1.1 Mejoras en seguridad	65
6.4.1.2 Identificación del riesgo	65
6.4.1.3 Variación de la probabilidad, la consecuencia y la magnitud relativa de riesgo	66
6.4.2 FMA sistema extractor de tuercas	67
6.4.2.1 Mejoras en seguridad	67
6.4.2.2 Identificación del riesgo	67
6.4.2.3 Variación de la probabilidad, la consecuencia y la magnitud relativa de riesgo	67
6.4.3 FMA Sistema de Seguridad y Control de Visión y SATTEL Sistema de cámara de video ..	68
6.4.3.1 Mejoras en seguridad	68
6.4.3.2 Identificación del riesgo	68
6.4.3.3 Variación de la probabilidad, la consecuencia y la magnitud relativa de riesgo	69
6.4.4 Combinación entre FMA sistema extractor de tuercas y sistema de cámara.	69
6.4.4.1 Mejoras en seguridad	70
6.4.4.2 Identificación del riesgo	70
6.4.4.3 Variación de la probabilidad, la consecuencia y la magnitud relativa de riesgo.	70
6.5 EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA VARIACIÓN DE TIEMPO DE CAMBIO	71
6.5.1 Variación en el tiempo de cambio y su efecto económico	71
6.5.1.1 Variación en el tiempo por cambio	71
6.5.1.2 Variación en las toneladas transportadas	72
6.5.1.3 Variación en el gasto mina	73
6.5.1.4 Variación del costo mina	75
6.5.1.5 Efecto económico	76
6.5.2 Efecto en el MTTR, MTBF y disponibilidad	77
6.5.2.1 Efecto en el MTTR	77
6.5.2.2 Efecto en el MTBF.....	78

6.5.2.3 Efecto en la disponibilidad	78
6.6 EVALUACIÓN ECONOMICA.	79
7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	80
7.1 CONCLUSIONES	80
7.2 RECOMENDACIONES	82
8 BIBLIOGRAFÍA	83

FIGURAS

Figura 4.1 Destino del concentrado de cobre producido por Collahuasi en TMS	5
Figura 4.2 Destino de los cátodos de cobre producido por Collahuasi en TM	6
Figura 4.3 porcentaje que ocupa cada flota	7
Figura 4.4 Nave techada	9
Figura 4.5 Nave exterior	9
Figura 4.6 Equipo manipulador de neumáticos	10
Figura 4.7 Equipo para el montaje de neumáticos	11
Figura 4.8 Herramienta de torque neumática	12
Figura 5.1 Proceso de Gestión de Riesgo (Adaptado de ISO 31000:2009)	13
Figura 5.2 Procedimiento de gestión de riesgo en Collahuasi	14
Figura 5.3 Matriz de Riesgo	19
Figura 5.4 Jerarquía de los Controles	23
Figura 6.1 Llanta no desmontable	29
Figura 6.2 Llanta no desmontable con perno guía.	29
Figura 6.3 Llanta desmontable	29
Figura 6.4 Anclaje de llantas desmontables	30

Figura 6.5 Montaje delantero llanta desmontable	30
Figura 6.6 Montaje trasero llanta desmontable.	31
Figura 6.7 Montaje delantero llanta no desmontable	31
Figura 6.8 Montaje delantero llanta desmontable.	32
Figura 6.9 Nomenclatura de neumáticos	33
Figura 6.10 Instalación de gata y soporte	34
Figura 6.11 Retiro de tuercas que aseguran la rueda.....	36
Figura 6.12 Soporte del bota piedras	36
Figura 6.13 Técnico guiando el montaje de la rueda.....	37
Figura 6.14 Vista general del sistema.....	45
Figura 6.15 posicionamiento del manipulador.....	46
Figura 6.16 el sistema debe visualizar la ubicación de las tuercas y o espárragos	47
Figura 6.17 el sistema instala o retira automáticamente las tuercas.....	47
Figura 6.18 bandeja para tuercas.....	47
Figura 6.19 Sistema de seguridad, anticollisión de los brazos robóticos	48
Figura 6.20 esquema del sistema robótico	49
Figura 6.21 base para instalación de brazos.....	50
Figura 6.22 Herramienta del brazo robótico	51
Figura 6.23, sistemas de control.....	52
Figura 6.24 vista general sistema extractor de tuercas	54
Figura 6.25 Sistema extractor de tuercas en funcionamiento	55
Figura 6.26 imagen de la cámara del sistema extractor de tuercas	55
Figura 6.27 Brazo hidráulico	58
Figura 6.28 cámara de video	59
Figura 6.29 monitor	59
Figura 6.30 Control remoto	60

Figura 6.31 Cámara del sistema Sattel	62
Figura 6.32 Monitor del sistema	63
Figura 6.33 Controlador del sistema Sattel	63

TABLAS

Tabla 4.1 Número de camiones según flota	7
Tabla 4.2 Rendimiento operacional y porcentaje de utilización de camiones	7
Tabla 4.3 Personal turno 7x7	8
Tabla 4.4 Personal 4x3	8
Tabla 4.5 Equipos manipuladores de neumáticos	10
Tabla 5.1 Pauta para Seleccionar el Tipo de Evaluación de Riesgo	15
Tabla 5.2 Eficacia del Control de Riesgo (“RCE”)	16
Tabla 5.3 Criterios de consecuencia	17
Tabla 5.4 Criterios de Probabilidad	18
Tabla 5.5 Prioridad para el Tratamiento de Riesgo y Autoridad	20
Tabla 6.1 Especificaciones de neumáticos, torques y tuercas	33
Tabla 6.2 Tiempos asociados al procedimiento	40
Tabla 6.3 Peligro por atrapamiento entre manipulador y rueda	41
Tabla 6.4 Peligro por atrapamiento entre herramientas de torque y rueda	41
Tabla 6.5 Peligro por proyección de componentes, fragmentos, o partículas solidas	42
Tabla 6.6 Peligro por sobre esfuerzo debido al uso de herramientas.	42
Tabla 6.7 Peligro de ser golpeado por herramientas o materiales como dados o accesorios	42
Tabla 6.8 Costo implementación sistema Sattel.	64
Tabla 6.9 Variación de la probabilidad, la consecuencia y la magnitud relativa de riesgo por la implementación del sistema M.A.R.	66

Tabla 6.10 Variación de la probabilidad, la consecuencia y la magnitud relativa de riesgo por la implementación del sistema extractor de tuercas FMA.	68
Tabla 6.11 Variación de la probabilidad, la consecuencia y la magnitud relativa de riesgo por la implementación de sistema de cámara.	69
Tabla 6.12 Variación de la probabilidad, la consecuencia y la magnitud relativa de riesgo por la implementación la combinación del sistema extractor de tuercas y el sistema de cámara.....	70
Tabla 6.13 Variación en el tiempo por cambio de ruedas si se implementara el sistema FMA extractor de tuercas.	72
Tabla 6.14 Variación en el tiempo por cambio de ruedas si se implementara el sistema MAR Automatic Wheel change.	72
Tabla 6.15 Variación en las toneladas transportadas y su proyección si se implementara el sistema FMA extractor de tuercas.	73
Tabla 6.16 Variación en las toneladas transportadas y su proyección si se implementara el sistema MAR Automatic Wheel change.	73
Tabla 6.17 Variación en el gasto mina y su proyección si se implementara el sistema FMA extractor de tuercas.	74
Tabla 6.18 Variación en el gasto mina y su proyección si se implementara el sistema MAR Automatic Wheel change	74
Tabla 6.19 Variación en el costo mina si se implementara el sistema FMA extractor de tuercas	75
Tabla 6.20 Variación costo mina si se implementara el sistema MAR Automatic Wheel change	75
Tabla 6.21 Efecto económico si se implementara el sistema FMA extractor de tuercas	76
Tabla 6.22 Efecto económico si se implementara el sistema MAR Automatic Wheel change	76
Tabla 6.23 Variación en el MTTR si se implementara el sistema FMA extractor de tuercas	77
Tabla 6.24 Variación en el MTTR si se implementara el sistema M.A.R.	77
Tabla 6.25 Variación en el MTBF si se implementara el sistema FMA extractor de tuercas.	78
Tabla 6.26 Variación en el MTBF si se implementara el sistema M.A.R.	78
Tabla 6.27 Costos por alternativa.	79
Tabla 6.28 Costo anual uniforme equivalente por alternativa.	79

ANEXOS

Anexo N°1 Características técnicas de los camiones	85
Anexo N°2 Estándar de prevención de fatalidades N°4	94
Anexo N°3 Estándar de prevención de fatalidades N°2	100
Anexo N°4 Matriz de riesgo	106
Anexo N°5 Análisis de riesgos del trabajo ART.....	109

1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad la preocupación de las empresas por la seguridad se ha vuelto algo fundamental, donde las personas que pertenecen a ellas y que son parte de su entorno son lo más importante, esto quiere decir que las empresas ya no piensan solo en producir, sino que piensan en un desarrollo sustentable preocupadas de la integridad de sus trabajadores, del medio ambiente y de las comunidades cercanas, muchas veces tomando medidas más allá de las que solicita la normativa vigente. Es por esto, que la seguridad ha generado una industria donde pueden participar profesionales de diversas especialidades, y que a través del tiempo ha ido generado una constante evolución de los equipos, herramientas y procedimientos que permitan realizar de forma segura cualquier tipo de tarea.

Compañía minera doña Inés de Collahuasi comprometida con su visión y sus valores, donde la seguridad de sus trabajadores es algo fundamental, es que siempre está buscando e impulsando la implementación de nuevos procedimientos y tecnologías que permitan realizar cualquier tipo de tarea con seguridad, evitando daños en las personas, equipos, y su entorno.

Debido a la preocupación de la compañía en mejorar sus procedimientos, es que ha encargado un estudio para la implementación de un sistema de cambio de ruedas en los camiones de extracción, con el fin de disminuir o eliminar el riesgo al que se exponen las personas que intervienen en esta tarea.

Para implementar un nuevo sistema es necesario invertir grandes sumas de dinero, situación que puede producir bajas en la competitividad de la compañía, es debido a esto que se deben analizar todos los aspectos asociados a su implementación y pensar no solo en un sistema que evite el riesgo de un accidente, si no que el objetivo es la búsqueda de un equilibrio donde esta inversión también esté asociada a tecnologías que permitan mejorar el costo asociado a la tarea mediante la reducción del tiempo del proceso o la disminución del personal que trabaja en el.

Para definir cuál es la mejor alternativa se realizará una evaluación del efecto que estas tienen en la seguridad, en los indicadores de mantenimiento, y en los ingresos de la compañía.

2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente para la realización de cualquier reparación o cambio de neumáticos es necesario desmontar y luego montar las ruedas de los camiones de extracción, procedimiento en el cual un técnico debe ubicarse entre la rueda y el equipo manipulador para guiar el montaje y para asegurar la rueda en su posición mediante la instalación o remoción de tuercas, acciones que implican el riesgo de que pueda ser aplastado por la rueda y sufrir graves lesiones.

Debido a la ocurrencia de accidentes durante el cambio de rueda en otras faenas es que la compañía ha considerado como una prioridad implementar un sistema de cambio de ruedas para los camiones de extracción que evite o disminuya la intervención de personas entre el equipo manipulador y la rueda.

Al incorporar nuevas tecnologías al proceso, el tiempo de su realización se ve alterado, lo que influye en los indicadores como lo son el tiempo promedio entre fallas (MTBF) y el tiempo promedio para reparar (MTTR), esto provocaría también una variación de la disponibilidad de los equipos, hecho que tendrá una influencia económica que debe ser evaluada en conjunto con el costo de implementación de cada alternativa, es fundamental el tratar de mantener o mejorar la situación actual.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar un estudio para evaluar la implementación de un sistema de cambio de ruedas para camiones de extracción con el fin de disminuir o eliminar los riesgos asociados a esta actividad.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un catastro de los requerimientos técnicos.
- Evaluar los riesgos asociados a la tarea.
- Buscar alternativas que eviten o disminuyan la intervención de técnicos entre la rueda y el equipo manipulador.
- Evaluar las alternativas disponibles en el mercado.
- Realizar un análisis comparativo entre riesgos, costos y tiempo de cambio de las alternativas.

4 ANTECEDENTES DE LA COMPAÑÍA

En el presente capítulo se describirá la organización que solicitó la realización estudio de implementación, que corresponde a la Gerencia de Carguío y Transporte de Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi, con la finalidad de poner en contexto el proyecto a desarrollar.

Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi SCM pertenece a las compañías Glencore (44%), Anglo American plc (44%) y Japan Collahuasi Resources B.V (12%).

Anglo American es una de las mayores compañías mineras del mundo, su casa matriz está en el Reino Unido y cotiza principalmente en la bolsa de Londres, su cartera de negocios abarca metales preciosos en los que es líder global en platino y diamantes; metales; productos a granel de mineral de hierro, carbón metalúrgico y carbón térmico.

Glencore es una de las empresas de recursos naturales más grandes del mundo. Es líder en la producción y comercialización de materias primas, con una cartera equilibrada de diversos activos industriales; cuenta con un posicionamiento sólido para crear valor agregado en cada etapa de la cadena de suministro, desde la obtención de materiales del subsuelo hasta el suministro de productos a una base internacional de clientes.

El consorcio japonés está encabezado por Mitsui & Co. Ltd., una de las mayores compañías de trading de la nación nipona, que comprende a las compañías Nippon Mining & Metals Co., Ltd. y Mitsui Mining & Smelting Co., Ltd.

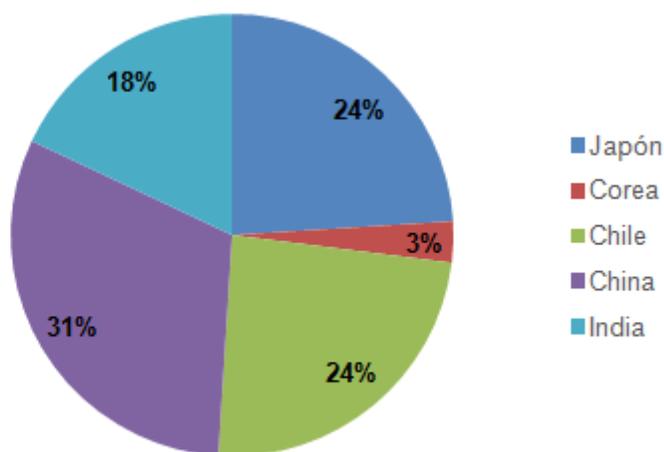
Los recursos minerales que Collahuasi explota, se ubican en el altiplano a 185 kilómetros al sureste de Iquique, a 4.400 metros sobre el nivel del mar, en la Región de Tarapacá. Sus yacimientos (Ujina, Rosario y Huinquintipa) producen dos variedades de cobre, de las cuales derivan diferentes productos. Los sulfuros, son la materia prima del concentrado de cobre (40-50% de cobre); los óxidos, permiten la producción de los cátodos de cobre de alta pureza (99,9% de cobre).

4.1 PRODUCCIÓN DE COLLAHUASI

El producto principal de Collahuasi es el concentrado de cobre, que implica el 89% del total producido, siendo ésta una materia prima semielaborada que es entregada para su elaboración final a los clientes.

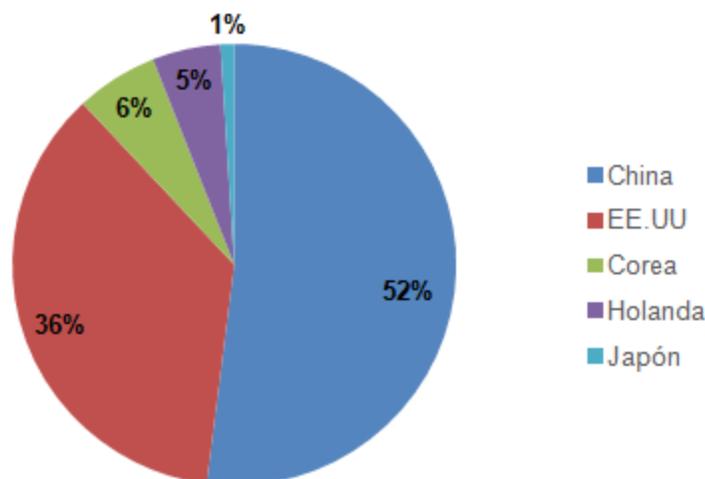
En el 2012 la Compañía produjo 282.096 toneladas de cobre, equivalente al 5,1% del total producido en Chile, de ese volumen 245.288 toneladas correspondieron a cobre fino contenido en concentrado y 36.808 toneladas a cobre fino contenido en cátodos. En tanto, su producción de molibdeno ascendió a 1.953 toneladas.

Cerca del 80% de las exportaciones de concentrado de cobre producido por Collahuasi tiene por destino los mercados de Japón, China y Chile. En el caso de los cátodos de cobre, destaca la gran participación del mercado chino, con el 52% de las ventas, seguido por Estados Unidos con un 36%. Respecto al molibdeno el 99% se destina al mercado nacional, mientras que el 1% restante se exporta a Corea.



*Nota: TMS- Tonelada Métrica Seca

Figura 4.1 Destino del concentrado de cobre producido por Collahuasi en TMS.



*Nota: TM- Tonelada Métrica

Figura 4.2 Destino de los cátodos de cobre producido por Collahuasi en TM.

4.1.1 Costos operacionales y proyección 2014

Para el año 2014 la compañía tiene como objetivo lograr un movimiento de 274.670.000 toneladas de mineral, con un gasto de US\$ 766 millones, por lo que los costos por tonelada se estiman en US\$ 2,79, y el costo unitario de transporte por hora operacional se estima en US\$ 479.

4.2 GERENCIA DE CARGUÍO Y TRANSPORTE

La gerencia de carguío y transporte está encargada de la mantención, planificación, y control de los equipos que realizan movimiento y transporte de mineral en la mina. Los equipos de carguío y transporte son los camiones de extracción, palas hidráulicas y palas eléctricas.

4.2.1 Superintendencia mantención camiones.

Esta superintendencia está a cargo de la gestión y supervisión de la mantención de los camiones de extracción. La realización de trabajos de mantenimiento está a cargo de diversas empresas contratistas.

4.2.2 Flotas de camiones de extracción

En la compañía existen 118 camiones de extracción, los que se clasifican en 4 flotas las que están catalogadas según la marca y modelo de estos; en la tabla 4.1 podemos ver el detalle de estas.

Tabla 4.1 Número de camiones según flota.

Número de camiones	Marca	Modelo
74	KOMATSU	930
33	KOMATSU	830
4	CATERPILLAR	793
7	CATERPILLAR	797

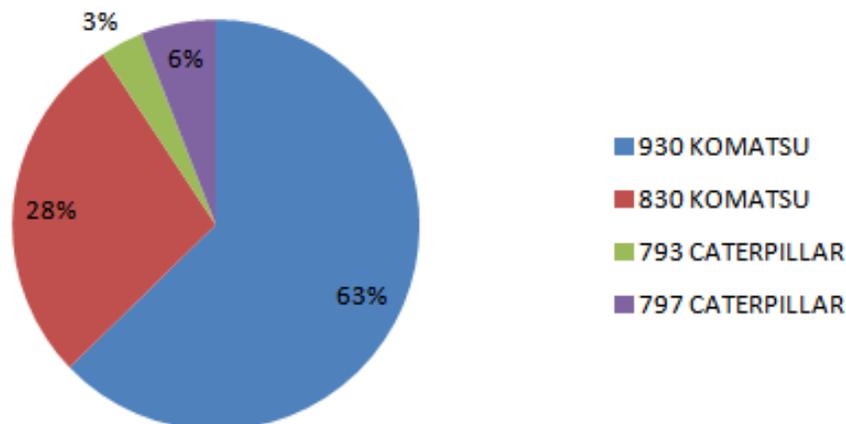


Figura 4.3 porcentaje que ocupa cada flota.

4.2.2.1 Rendimiento operacional y porcentaje de utilización.

El rendimiento operacional promedio y el porcentaje de utilización de los camiones según flota es el siguiente:

Tabla 4.2 Rendimiento operacional y porcentaje de utilización de camiones.

Flota	Rendimiento Operacional [Toneladas/hora]	Porcentaje de utilización
Komatsu 930	445,4	81%
Komatsu 830	321,5	73%
Cat 797	714,1	79%
Cat 793	406,6	72%

4.3 TALLER DE NEUMÁTICOS

En esta sección se realizará una breve descripción de las instalaciones del taller de neumáticos, las herramientas y equipos que existen en el lugar, y la dotación de personal para su operación.

4.3.1 Empresa contratista encargada

La empresa encargada de realizar las tareas del área de neumáticos es Bailac Thor, que es una de las tantas empresas contratistas que prestan servicios a la compañía, en la siguiente tabla se detalla la dotación que posee esta empresa para realizar las labores en el área.

Tabla 4.3 Personal turno 7x7.

Turno día		Turno noche	
12	Técnicos	6	Técnicos
1	Supervisor	1	Supervisor

Tabla 4.4 Personal 4x3.

1	Prevencionista de riesgo
1	Administrador de contrato
1	Jefe de operaciones

4.3.2 Instalaciones del taller

En esta sección se detallarán las principales instalaciones del taller de neumáticos.

4.3.2.1 Oficinas administrativas

El taller de neumáticos cuenta con oficinas administrativas que son ocupadas por personal del área de neumáticos, tanto de la empresa contratista encargada como de la compañía.

4.3.2.2 Nave techada

Este espacio se utiliza para realizar las intervenciones de las ruedas de los equipos de extracción, cuenta con calefacción e iluminación.



Figura 4.4 Nave techada.

4.3.2.3 Nave exterior

Durante los periodos de buen clima o cuando es necesario realizar trabajos en paralelo, se utiliza una nave exterior, que es una zona pavimentada y delimitada.



Figura 4.5 nave exterior.

4.3.2.4 Bodegas

Dentro de las instalaciones existen varias bodegas que son utilizadas para poder almacenar las herramientas móviles e insumos.

4.3.3 Equipos

Los equipos disponibles en el taller de neumáticos son los siguientes:

4.3.3.1 Manipuladores de neumáticos

Para el traslado de neumáticos y el montaje de ruedas la compañía cuenta con sus propios equipos manipuladores de neumáticos. la tabla 4.5 detalla los equipos y sus características:

Tabla 4.5 Equipos manipuladores de neumáticos.

Unidades	Marca	Modelo	Capacidad de carga (kg)	Rango de agarre (m)	Capacidad de rotación.
1	IMAC	TM30P	13600	0.84 – 4.2	360°
1	IMT	3565 TH	11340	1.04 - 4.17	360°
1	IMT	TH36K164	16329	1.22 - 4.17	360°



Figura 4.6 Equipo manipulador de neumáticos.

4.3.3.2 Equipo de montaje horizontal de neumáticos

Este equipo se utiliza para el montaje de neumáticos en las llantas.



Figura 4.7 Equipo para el montaje de neumáticos.

4.3.3.3 Herramientas neumáticas

Para el montaje y aplicación de torque a las tuercas se utilizan herramientas neumáticas las cuales se describen a continuación:

- Pistolas de impacto neumático: estas herramientas son utilizadas para apretar y soltar las tuercas de las ruedas de los camiones.
- Herramientas de torque neumáticas: estas herramientas son utilizadas para aplicar el torque indicado a las tuercas. Los modelos que existen en faena son:
 - RAD 34 tiene una capacidad de torque entre 700-2500 lb-ft (950-3400N.m), y tiene una velocidad de giro de 44 rpm.
 - RAD 50, tiene una capacidad de torque entre 1500-5000 lb-ft (2000-6800N.m), y tiene una velocidad de giro de 8 rpm.
 - RAD 1800, tiene una capacidad de torque entre 500-1800 lb-ft (700-2400N.m), y tiene una velocidad de giro de 13 rpm.



Figura4.8 Herramienta de torque neumática.

5 MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presentará el fundamento teórico necesario para el entendimiento de los análisis y evaluaciones que serán realizados posteriormente. Estos tópicos corresponden a clasificación del riesgo, conceptos de disponibilidad y métodos de evaluación económica.

5.1 CLASIFICACIÓN DEL RIESGO

En esta sección se detallarán los pasos para la realización de la evaluación y clasificación del riesgo en la compañía, se utilizará una adaptación del proceso de gestión de riesgos de la norma ISO 31000:2009.

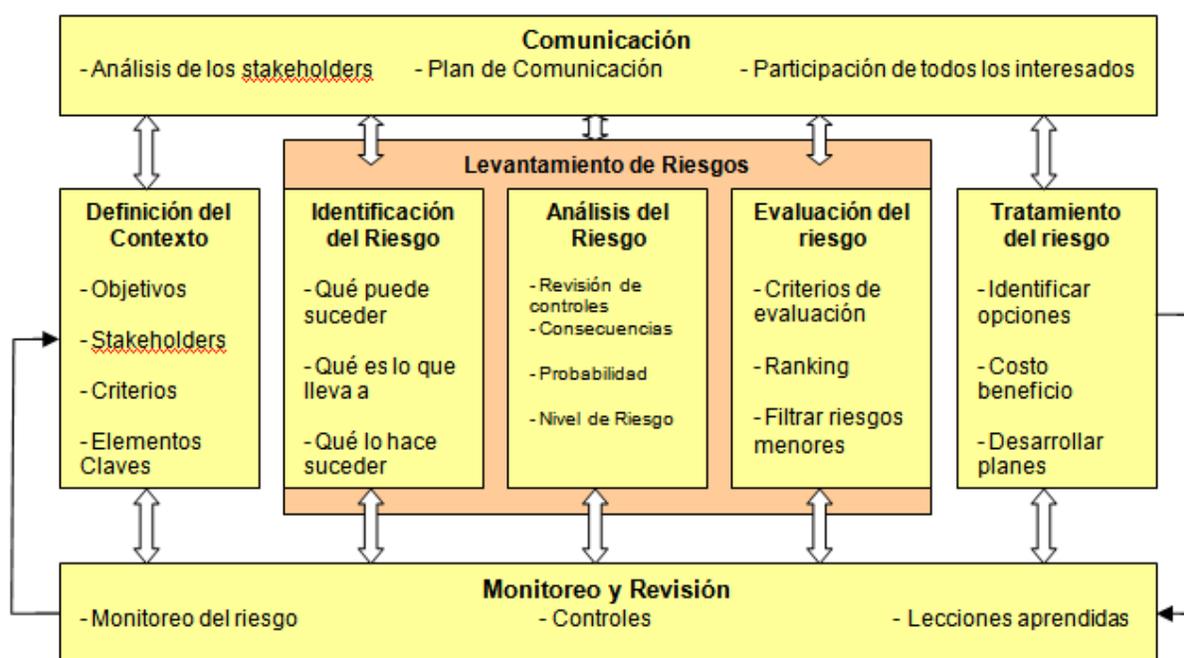


Figura 5.1 Proceso de Gestión de Riesgo (Adaptado de ISO 31000:2009).

5.1.1 Procedimiento de Gestión de Riesgo de Collahuasi

El procedimiento de gestión de riesgo de Collahuasi se puede describir en los siguientes pasos:

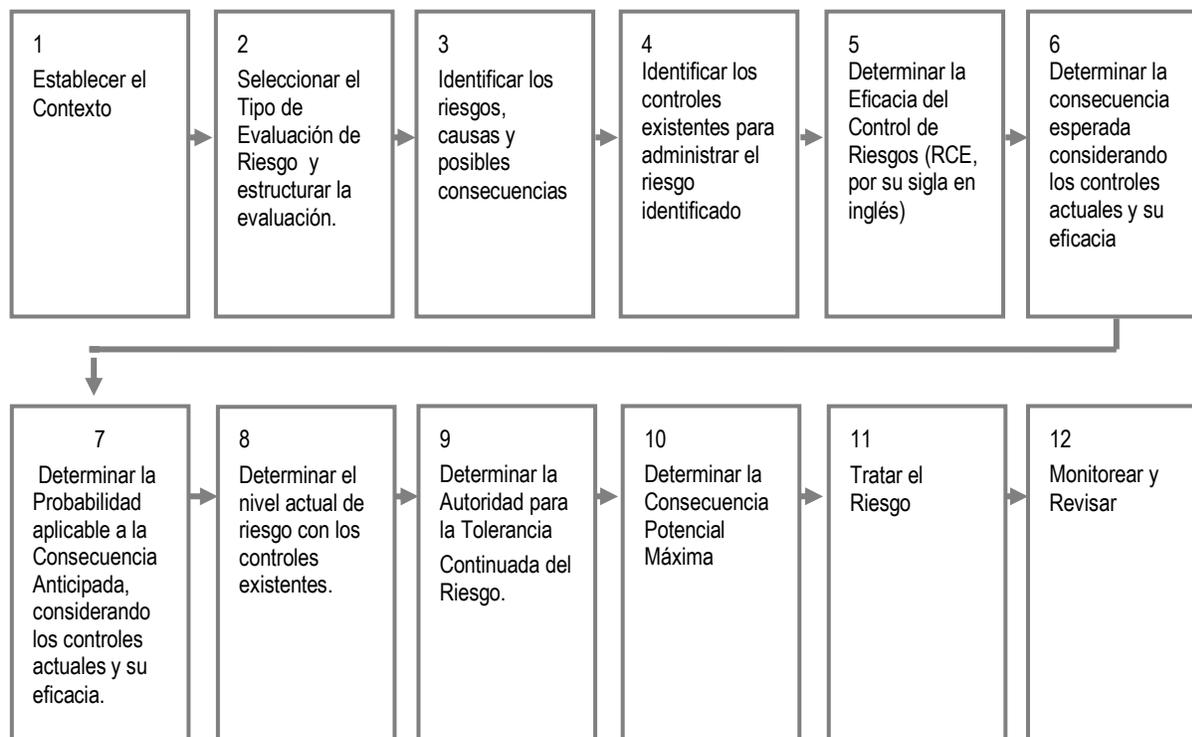


Figura 5.2 Procedimiento de gestión de riesgo en Collahuasi.

5.1.1.1 Establecer el Contexto

Establecer el contexto implica definir los parámetros dentro de los cuales se administrará el riesgo y establecer el alcance para el equilibrio del proceso de gestión de riesgo. El contexto incluye aspectos financieros, operacionales, seguridad y salud ocupacional, medioambiente, comunidad, competitivos, políticos (percepciones e imagen pública), sociales, de clientes, culturales y legales.

5.1.1.2 Selección del Tipo de Evaluación de Riesgo

Los tipos de evaluación de riesgo se pueden clasificar como Niveles 1 a 3, dependiendo de factores tales como la posible consecuencia sobre el negocio, la seguridad y salud ocupacional de las personas, el nivel de gastos, la familiaridad o complejidad de la operación y los problemas de reputación. El tipo de evaluación de riesgo se determinará de acuerdo con la Tabla a continuación:

Tabla 5.1 Pauta para Seleccionar el Tipo de Evaluación de Riesgo.

Nivel	Aplicación	Tipo de Evaluación de Riesgo
1	Proyectos y Gastos Significativos que requieren aprobación del Directorio de Collahuasi.	Evaluación de riesgo formal, que a menudo implica realizar un análisis cuantitativo y cualitativo.
2	Estrategia, Plan de Negocio (Presupuesto) o Vida de la Mina.	Evaluación de riesgo formal implica realizar un análisis cuantitativo y cualitativo.
3	Equipo, proceso u operación nueva o modificada, Impactos Importantes sobre las Personas y Operaciones, desarrollo de planes para manejo de peligros.	Evaluación de riesgo formal que usa un método sistemático y un análisis de riesgo cualitativo y cuantitativo.

5.1.1.3 Identificación del Riesgo

El objetivo de este paso consiste en generar una lista de los eventos o de las circunstancias que podrían tener un impacto sobre el logro de los objetivos identificados en el contexto de la gestión de riesgo. Incluye la identificación de cuáles eventos, cuándo y dónde podrían crear, aumentar, impedir, acelerar, o retrasar el logro de los objetivos de Collahuasi. Una vez que se ha identificado lo que podría ocurrir, es necesario considerar las posibles causas y entender las consecuencias.

5.1.1.4 Identificación de Controles Existentes

Una vez considerado el rango de las posibles causas y consecuencias de un evento de riesgo, se debe identificar los controles existentes y su aparente idoneidad y eficacia en la modificación de las consecuencias y la probabilidad de esos eventos.

5.1.1.5 Determinación de la Eficacia del Control de Riesgos

La eficacia del control de riesgos (“RCE” por su sigla en inglés) es una evaluación relativa del nivel real de control que existe actualmente y que es eficaz, en comparación con aquel razonablemente alcanzable para ese riesgo en particular. Es una medición de la integridad, relevancia y eficiencia de los controles de riesgo existentes, para impedir que ocurra el riesgo o mitigar las consecuencias. RCE es un indicador para determinar si los controles existentes están operando tan bien como deben o deberían para manejar el problema del riesgo.

Tabla 5.2 Eficacia del Control de Riesgo (“RCE”).

RCE	Pauta
Satisfactorio	<ul style="list-style-type: none"> -Los controles están bien diseñados y son apropiados para el riesgo. -Los controles son mayormente “preventivos” y abordan las causas raíz. -La administración considera que son eficaces y confiables en todo momento. -No se puede hacer nada más, salvo revisar y monitorear los controles existentes.
Requiere Mejoramiento	<ul style="list-style-type: none"> -Prácticamente todos los controles han sido diseñados correctamente, están implementados y son eficaces. -Los controles sólo pueden tratar algunas de las causas raíz del riesgo y/o actualmente no son eficaces y/o puede haber una dependencia excesiva en los controles “reactivos”. -La administración tiene dudas acerca de la eficacia y confiabilidad operacional. -Se requiere más trabajo para mejorar la eficacia operacional.
Controles Malos o Inexistentes	<ul style="list-style-type: none"> -Brechas de control significativas o control no creíble. -Los controles no abordan la causa raíz, no existen, o si existen, son ineficaces. -La administración no confía que se esté logrando algún grado de control debido al mal diseño del control. -Eficacia operacional muy limitada o ninguna

5.1.1.6 Determinación de la Consecuencia Anticipada

Una vez identificados los riesgos, las causas y las consecuencias potenciales, los controles existentes y su idoneidad y eficacia para controlar el riesgo, se debe determinar la consecuencia anticipada, remitiéndose a la tabla 5.3 Criterios de Consecuencias.

Cuando la consecuencia anticipada es Financiera se debe considerar todo el costo financiero, es decir, responsabilidad legal o pagos de compensación efectuados y cualquier costo de oportunidad.

Se debe considerar el rango de posibles consecuencias para un riesgo en particular y, en cada caso seleccionar la clasificación de las Consecuencias para el nivel esperado. La clasificación de riesgo se basará sobre la peor de estas posibles consecuencias.

5.1.1.7 Determinación de la Probabilidad

La categoría de probabilidad se debe determinar sobre la base de probabilidad de ocurrencia de la consecuencia anticipada.

Tabla 5.4 Criterios de Probabilidad.

Categoría	Criterios
5	– 95% de probabilidad, podría ocurrir dentro de meses.
4	– >50% y <95% de probabilidad, podría ocurrir anualmente.
3	– >20% y <50% probabilidad, podría ocurrir en 2 a 5 años
2	– >5% y <20% probabilidad, podría ocurrir dentro de 5 a 20 años
1	– <5% probabilidad, ocurre menos de una vez cada 20 años

Tabla 5.3 Criterios de consecuencia.

Matriz de Riesgos	Consecuencias / Impactos				
	Insignificante	Menor	Moderada	Mayor	Catastrófica
Tipo de Pérdida	1	2	3	4	5
Daños a las personas Seguridad / Salud	Incidentes reales o potenciales sin lesiones.	Incidentes reales o potenciales con lesiones leves STP (Primeros Auxilios).	Incidentes reales o potenciales con lesiones graves, (CTP). Enfermedades reversibles a la salud.	Incidentes reales o potenciales con resultados de incapacidades permanentes. Enfermedades irreversibles a la salud.	Incidentes reales o potenciales con resultados de muertes(s). Enfermedades gravísimas con consecuencias fatales.
Medio Ambiente	Impacto Ambiental Reversible, Insignificante,	Impacto reversible menor que requiere de labores de remediación menores	Impacto reversible, de efectos en el corto plazo que requiere labores de remediación.	Impacto serio con efectos de mediano plazo requiere de remediación significativas	Impacto desastrosos con efectos de largo plazo requiere de remediación de gran escala.
Impacto Financiero us\$	<\$200k pérdida	\$200k - \$1,9m pérdida	\$2m - \$19,9m pérdida	\$20m - \$99,9m pérdida	\$100m+ pérdida
Daño a la Propiedad us\$	<\$10k	\$10k - \$199,9k	\$200k - \$2m	\$2m - \$19,9m	\$20m+
Legal y Regulatorio	Problemas legales menores, incumplimientos y violación de la reglamentación.	Incumplimiento de la reglamentación con investigación o informe a la autoridad.	Incumplimiento importante de la reglamentación, con multas punitivas. Litigio significativo.	Litigio importante con un costo de \$10m+ Posibilidad de pena de prisión	Litigio o acusación importante con daños de \$50m+ más costos significativos Pena de prisión para un Ejecutivo de la compañía. Cierre de planta
Reputación Social y Comunidades	Sin cobertura de los medios. Sin quejas de la comunidad.	Cobertura de los medios locales Quejas a la faena y/o regulador	Cobertura de los medios locales durante varios días Quejas persistentes de la comunidad.	Cobertura de los medios nacionales durante varios días Impacto negativo significativo sobre el precio de las acciones durante varias semanas Acciones legales de la Comunidad	Cobertura negativa importante en los medios internacionales durante varios días Impacto negativo significativo sobre el precio de las acciones durante meses.

5.1.1.8 Determinar el Nivel Actual de Riesgo

La matriz de riesgo de la Figura 5.3 se usará para determinar la magnitud relativa del riesgo, considerando la combinación de la Consecuencia Anticipada y su probabilidad de ocurrencia

Clasificación de Probabilidad	5	11	16	20	23	25
	4	7	12	17	21	24
	3	4	8	13	18	22
	2	2	5	9	14	19
	1	1	3	6	10	15
	1	2	3	4	5	
Clasificación de Consecuencia						

Clasificación	
Riesgo Alto	
Riesgo Medio	
Riesgo Bajo	

Figura 5.3 Matriz de Riesgo.

5.1.1.9 Determinación de la Prioridad para el Tratamiento del Riesgo y la Autoridad para la Tolerancia Continuada del Riesgo

Utilizando los resultados de la matriz de riesgo se determinará cuál es la prioridad de tratamiento y autoridad para la tolerancia continuada del nivel de riesgo actual. Una vez que haya comprendido esto, y según sea necesario adopte las acciones para implementar los planes de tratamiento de riesgo requeridos

Tabla 5.5 Prioridad para el Tratamiento de Riesgo y Autoridad.

Nivel de Riesgo Actual	Acción	Plazo para Autorización	Autorización para tolerancia continuada de nivel actual de riesgo
23 a 25	La actividad debe ser detenida de inmediato hasta que se adopte la acción para reducir el nivel del Riesgo a menos de 17 o se reciba la autorización para continuar.	Inmediatamente o dentro de 24 horas.	Presidente Ejecutivo de Collahuasi
17 a 22	La actividad debe ser detenida de inmediato hasta que se adopte la acción para reducir el nivel del Riesgo a menos de 17 o se reciba la autorización para continuar.	Inmediatamente o dentro de 24 horas.	Vicepresidentes
10 a 16	Se adoptan acciones para reducir el nivel del Riesgo a menos de 10 o se recibe la autorización para continuar.	Dentro de 1 mes	Gerente
6 a 9	Se adoptan acciones para reducir el nivel del Riesgo a menos de 6 o se recibe la autorización para continuar.	Dentro de 1 mes	Superintendentes/Supervisores
1 a 5	Riesgo tolerable a menos que las circunstancias cambien.	Control continuo.	N/A

5.1.1.10 Consecuencia Potencial Máxima

Una vez identificado un riesgo, sus causas y el rango potencial de las consecuencias, se debe evaluar un riesgo individual para su consecuencia potencial máxima. La consecuencia potencial máxima es el impacto del peor caso admisible para Collahuasi que surge de un riesgo en que se supone que todos los controles de riesgo activos incluidos los contratos de seguros, son ineficaces. No considera la probabilidad de ocurrencia del evento. La Consecuencia Potencial Máxima puede no ser el peor caso absoluto imaginable.

La Consecuencia Potencial Máxima se identificará como el nivel de consecuencia en el riesgo que se está considerando, tomado de los Criterios de las Consecuencias que se presentan en la Tabla 5.3.

5.1.1.11 Tratamiento de los Riesgos

La consideración principal en este caso es si el riesgo puede ser tratado en una forma que sea razonable y eficaz en relación con los costos. En general esto implica considerar:

- Si el riesgo ya está a un nivel que es razonablemente alcanzable o factible.
- Si sería eficaz en relación con los costos para tratar el riesgo en el futuro.
- La voluntad de Collahuasi de tolerar riesgos de ese tipo.

Habitualmente no será rentable y ni siquiera aconsejable implementar todos los posibles tratamientos del riesgo. Sin embargo es necesario elegir, establecer prioridades e implementar la combinación más apropiada de tratamientos del riesgo.

El desarrollo del tratamiento de riesgo eficaz requiere considerar tres grupos de información que provienen de los pasos del análisis e identificación de riesgos:

- Las causas, particularmente las ‘causas raíz’.
- Los controles existentes y la evaluación de su eficacia.
- La importancia relativa de las consecuencias o la probabilidad para la clasificación final del riesgo.

– Las opciones de tratamiento del riesgo se resolverán en varias tareas y éstas serán asignadas a personas determinadas que serán responsables de realizarlas, estas tareas se registrarán en los planes de tratamiento del riesgo que incluirán:

- Las tareas que se debe realizar y los riesgos que abordarán.
- Quién es responsable de implementar ciertas tareas.
- El plazo para la implementación.
- Detalles del mecanismo y la frecuencia de revisión o el estado del plan de tratamiento.

El punto de partida para identificar las opciones de tratamiento es frecuentemente la revisión de las pautas existentes para dicho tipo de riesgo en particular.

Para muchos riesgos no existen estas pautas y se deberá desarrollar opciones de tratamiento a partir de los primeros principios con el fin de que sean eficaces.

Una opción de tratamiento disponible es evitar el riesgo totalmente, es decir eliminarlo decidiendo no proceder con una actividad, esto eliminará las posibilidades de daño pero también eliminará la oportunidad. Más habitualmente el tratamiento de riesgo involucra cambiar la probabilidad o la consecuencia del riesgo.

La selección de la opción de tratamiento más apropiada implicará comparar el costo de implementar esa opción contra los beneficios que se obtienen de ella, en general el costo de administrar el riesgo debe ser equivalente a los beneficios obtenidos.

Las decisiones tomarán en cuenta la necesidad de considerar cuidadosamente los riesgos inusuales pero severos que podrían garantizar acciones de tratamiento de riesgo que no son justificables sobre bases estrictamente económicas. Los requerimientos legales, de reputación y de la comunidad podrían invalidar el análisis simple de beneficio/costo financiero y en estos casos se debería usar un Análisis de Costo/Beneficio.

Las opciones de tratamiento del riesgo no necesariamente son mutuamente exclusivas o apropiadas en todos los casos. Las opciones pueden incluir:

1. Evitar el riesgo, decidiendo no iniciar o continuar con la actividad que da origen al riesgo.
2. Asumir o aumentar el riesgo con el fin de efectuar un seguimiento del riesgo.
3. Eliminar la fuente del riesgo.
4. Cambiar la probabilidad.
5. Cambiar las consecuencias.
6. Compartir el riesgo con otra parte o partes.
7. Retener el riesgo a través de una decisión informada.

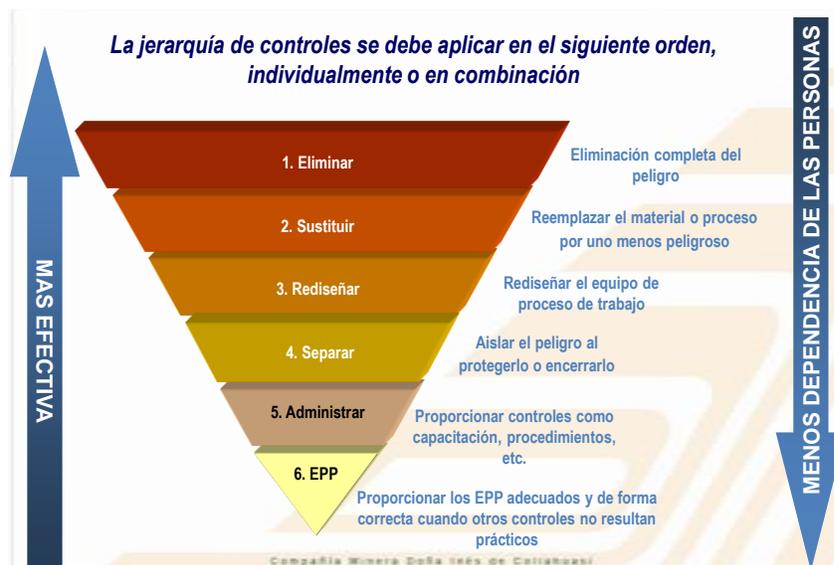


Figura 5.4 Jerarquía de los Controles.

5.2.2.12 Monitoreo y Revisión

Para asegurar un proceso de gestión de riesgo relevante, es esencial que se monitoree y revise continuamente el plan de gestión de riesgo, las condiciones globales y de mercado cambiantes y los cambios significativos en los procesos, pueden afectar la probabilidad y la consecuencia de los riesgos, por lo que se debe realizar revisiones periódicas de los controles existentes y actualizar los riesgos.

5.2 CONCEPTO DE DISPONIBILIDAD

En esta sección se señalarán los elementos básicos para la obtención de la disponibilidad de un equipo tales como Tasas de Fallas, Tasas de Reparación e Indicadores de Desempeño.

5.2.1 Tasa de fallas

La tasa de falla se define como la probabilidad de que un equipo entre en estado de falla entre los instantes t y $t+\Delta t$, con la salvedad que el equipo en cuestión no presente ninguna falla hasta el tiempo t .

Esta tasa de falla está representada por $\lambda(t)$, y se calcula de la siguiente manera:

$$\lambda(t_i) = \frac{n_i}{N_i \cdot \Delta_i}$$

Donde:

n_i : Número de elementos que fallaron entre t_i y t_{i+1} .

N_i : Números de elementos buenos en el instante t_i

Δ_i : Intervalo de tiempo analizado, igual a $t_{i+1} - t_i$

Este resultado corresponde al caso de datos discretos, en el caso de un análisis continuo la tasa de falla se obtiene de la fórmula siguiente:

$$\lambda = \frac{\text{Numero de fallas}}{\text{Tiempo total de operacion}}$$

5.2.2 Tasa de reparaciones

La tasa de reparaciones μ está definida por la relación entre el número de reparaciones y el tiempo total que conlleva su realización. Se calcula mediante la siguiente fórmula:

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

5.2.3 Tiempo Promedio Entre Fallas (MTBF)

Es un indicador que tiene relación con el tiempo promedio que transcurre entre que el equipo sale de mantención o una reparación de falla, y vuelve a entrar por igual motivo. Su forma de cálculo para un análisis continuo está dada por la siguiente expresión:

$$MTBF = \int_0^{\infty} t \cdot f t dt = \int_0^{\infty} R(t)$$

Para el análisis discreto se utiliza la expresión definida por la siguiente formula:

$$MTBF = \frac{1}{\lambda}$$

5.2.4 Tiempo Promedio Para Reparar (MTTR)

Este indicador señala el tiempo promedio utilizado tanto para realizar una mantención preventiva como correctiva. Se calcula simplemente como el tiempo de una mantención determinada, dividido por el número de fallas ocurridas en ese período.

El MTTR o tiempo medio de reparación depende en general de:

- La facilidad del equipo o sistema para la realización de mantenimiento.
- La capacitación profesional de quien hace la intervención.
- De las características de la organización y la planificación del mantenimiento.

Este indicador, se calcula con la siguiente formula:

$$MTTR = \frac{1}{\mu}$$

5.2.5 Disponibilidad

La función disponibilidad $D(t)$, se define como la probabilidad de que un componente esté en su estado normal en el instante t , siendo que estaba como nuevo en $t = 0$, esto se puede definir como porcentaje de tiempo que el equipo se encuentra disponible para su operación, sin la presencia de fallas. Mediante el uso de los indicadores mencionados anteriormente es posible obtener una relación matemática para obtener su valor.

Esta expresión se puede definir como la relación entre el tiempo en que el equipo o instalación quedó disponible para producir y el tiempo total, es decir:

$$D(t) = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \cdot 100$$

5.3 MÉTODO DE EVALUACIÓN ECONÓMICA

En esta sección se describirá el método a utilizar para la realización de la evaluación económica de las alternativas.

5.3.1 Costo anual uniforme equivalente

Cuando existen situaciones en la cual es necesario tomar una decisión de tipo económico sin que se involucren ingresos, es decir en tales situaciones solo existen costos y es únicamente sobre esta base sobre la que hay que tomar la decisión, se utiliza el método analítico llamado Costo Anual Uniforme Equivalente (*CAUE*). Se acostumbra representar los ingresos con signo positivo y los costos con signo negativo, sin embargo en este tipo de problemas donde lo predominante son los costos, es más conveniente asignarles a estos un signo positivo, pues de lo contrario todas las ecuaciones y resultados estarían llenas de signos negativos, lo que podría generar confusión.

El método del CAUE recibe este nombre debido a que expresa todos los flujos de un horizonte de tiempo, en una cantidad uniforme por periodo, es decir los expresa como una anualidad, por supuesto calculada a su valor equivalente. Como se utiliza en análisis de alternativas implicando solo costos, se debería elegir aquella alternativa con el menor costo expresado como una cantidad uniforme.

El CAUE se calcula de la siguiente manera:

$$CAUE = CAO + \left[\left[P - VS \left(\frac{1}{(1+i)^n} \right) \right] \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] \right]$$

Donde:

P: Costo inicial.

VS: Valor de salvamento.

i: Tasa de interés.

n: Periodo de tiempo.

CAO: Costo anual de operación.

6 DESARROLLO

El desarrollo de este trabajo consistirá en realizar un levantamiento de los requerimientos técnicos y los procedimientos para la realización del cambio de ruedas de los camiones de extracción. Luego se presentaran alternativas para dar solución a la problemática, donde se detalla sus características, su forma de funcionamiento, el costo de implementación, el tiempo que demoran en realizar la tarea, y la compatibilidad que tienen con cada una de las flotas de camiones.

Finalmente se realizará una evaluación económica y de seguridad de las alternativas, y el efecto que estas producen en los indicadores de mantenimiento.

6.1 REQUERIMIENTOS TÉCNICOS Y PROCEDIMIENTOS

Se realizará una revisión de las características técnicas, requerimientos, y procedimientos para realizar el cambio de ruedas.

6.1.1 Tipos de llantas

En esta sección se detallarán los tipos de llantas que posee cada flota.

6.1.1.1 Llanta no desmontable

Las llantas de los camiones Komatsu 930, Caterpillar 797 y 793, tienen un aro interior con orificios para ser ancladas en los pernos de la masa y ser aseguradas mediante tuercas.

Las llantas de los camiones Caterpillar, a diferencia del Komatsu tiene un sistema de perno guía que facilita su montaje.



Figura 6.1 Llanta no desmontable.



Figura 6.2 Llanta no desmontable con perno guía.

6.1.1.2 Llantas desmontables

Los camiones Komatsu 830 equipan llantas que no poseen agujeros para ser apernadas directamente, sino que son montadas sobre la masa y aseguradas en su parte exterior por un sistema de grampas. Las ruedas traseras solo se aseguran desde el exterior, es decir las dos ruedas están fijas por un solo juego de grampas.

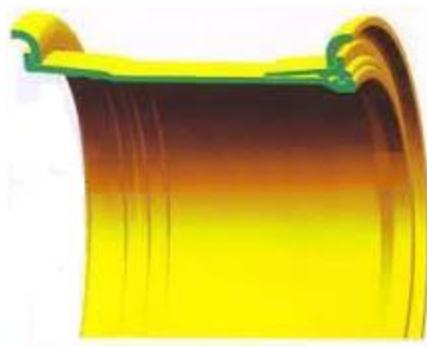


Figura 6.3 Llanta desmontable



Figura 6.4 Anclaje de llantas desmontables

6.1.1.3 Esquema de montaje

Se revisaran los esquemas del montaje de las llantas en las masas y de las válvulas.

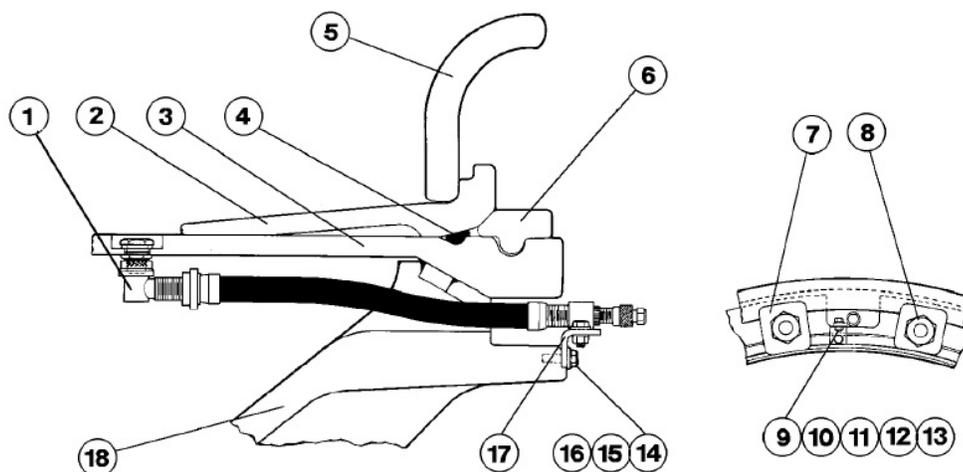


Figura 6.5 Montaje delantero llanta desmontable.

- | | | |
|---------------------------------|-------------------------------|----------------------|
| 1. Ensamble de válvula. | 2. Banda de asiento de talón. | 3. Llanta. |
| 4. O-ring. | 5. Flange interior. | 6. Aro de retención. |
| 7. Oreja de retención o grampa. | 8. Tuerca. | 9. Tornillo. |
| 10. Arandela plana. | 11. Arandela de bloqueo. | 12. Tuerca. |
| 13. Abrazadera. | 14. Tornillo. | 15. Arandela plana. |
| 16. Arandela de bloqueo. | 17. Escuadra soporte. | 18. Masa. |

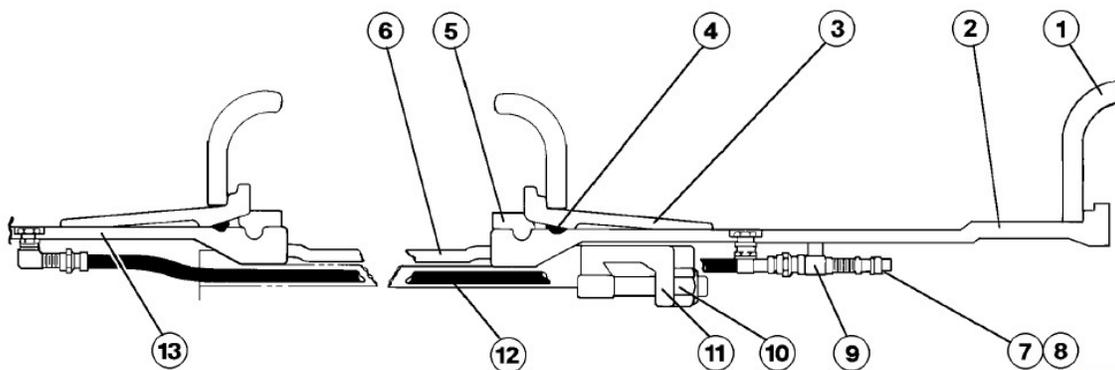


Figura 6.6 Montaje trasero llanta desmontable.

- | | | |
|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| 1. Flange interior. | 2. Llanta de rueda exterior. | 3. Banda de asiento de talón. |
| 4. O-ring. | 5. Aro de retención. | 6. Espaciador. |
| 7. Tapa de válvula. | 8. Núcleo de válvula. | 9. Abrazadera. |
| 10. Tuerca hexagonal. | 11. Cuña o grampa de retención. | 12. Tubo extensión válvula. |
| 13. Llanta de rueda interior. | | |

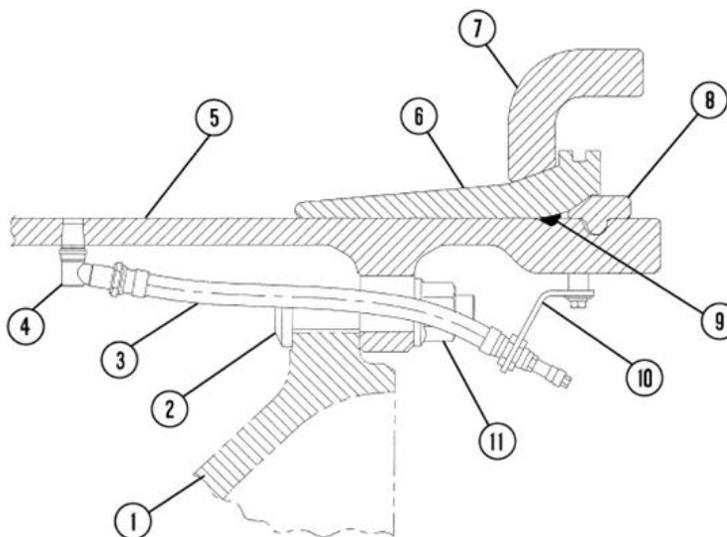


Figura 6.7 Montaje delantero llanta no desmontable.

- | | | |
|-----------------------|----------------------|-------------------------------|
| 1. Masa. | 2. Esparrago. | 3. Manguera. |
| 4. Conector. | 5. Llanta. | 6. Banda de asiento de talón. |
| 7. Flange interior. | 8. Aro de retención. | 9. O-ring. |
| 10. Escuadra soporte. | 11. Tuerca. | |

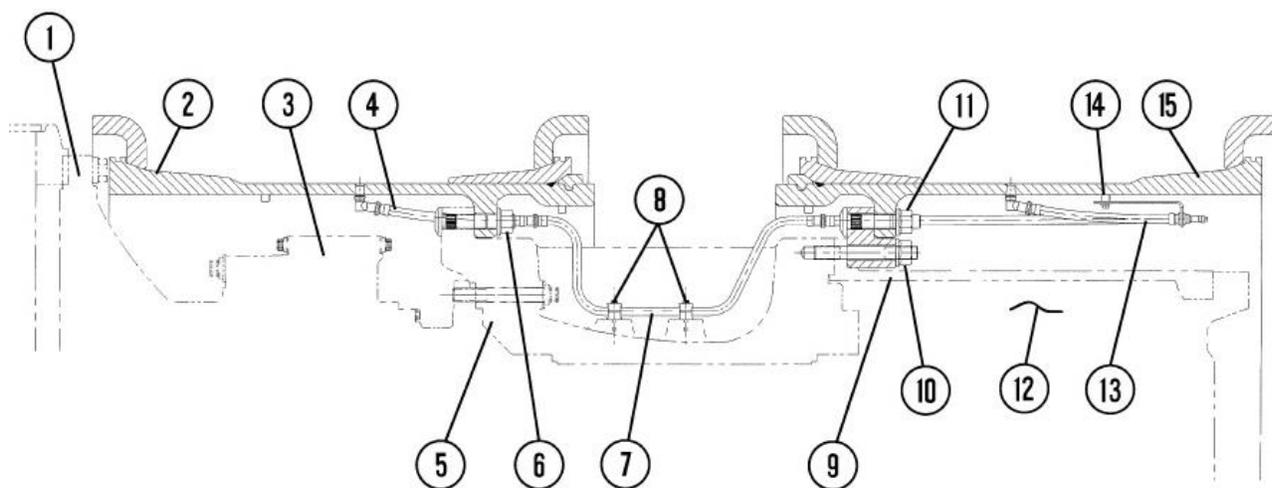


Figura 6.8 Montaje trasero llanta desmontable.

- | | | |
|--------------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| 1. Flange de montaje al motor. | 2. Llanta rueda interior. | 3. Ensamble disco de freno. |
| 4. Extensión válvula. | 5. Masa. | 6. Tuerca. |
| 7. Extensión interior. | 8. Abrazaderas. | 9. Aro adaptador. |
| 10. Tuerca. | 11. Tuerca. | 12. Motor de tracción. |
| 13. Extensión válvula. | 14. Soporte. | 15. Llanta rueda exterior. |

6.1.2 Neumáticos, torques y tuercas

En la siguiente tabla se indicará que neumático utiliza cada flota, la medida de sus tuercas y el torque que se les debe aplicar.

Tabla 6.1 Especificaciones de neumáticos, torques y tuercas

Equipo	Medida	Marca	Tipo	Torques lb-ft	Medida dado	
					Pulg.	MM.
Komatsu 830E	46/90R57	Bridgestone	VRDPZ	735+-90	1 5/8"	41
Cat 793	46/90R57	Bridgestone	VELSCZ	738+-92	1 7/16"	36
Cat 797	59/80R63	Bridgestone	VRDPZ	2285+-260	2 3/16"	55
Komatsu 930E	59/80R63	Bridgestone	VRDP/VRPS	1715+-100	1 7/8"	48

La medida de los neumáticos tiene la siguiente nomenclatura:

- Ancho del neumático: Indica el ancho de la banda de rodadura del neumático en pulgadas.
- Perfil: Indica el perfil del neumático como un porcentaje de su ancho.
- Arquitectura: Indica si el neumático es radial o diagonal.
- Diámetro de la llanta: indica el aro de la llanta en pulgadas.



Figura 6.9 Nomenclatura de neumáticos.

6.1.3 Procedimiento para cambio de ruedas

Se revisarán los procedimientos para el cambio de ruedas en camiones de extracción y el tiempo para su realización.

6.1.3.1 Ubicación del equipo y preparación previa

- Se debe ubicar el camión en la posición a intervenir. Para esta maniobra es obligatoria la presencia de señaleros que guíen el ingreso del equipo al área de trabajo, se debe solicitar al operador del equipo que detenga el motor y que deje el equipo con freno de parqueo activado, además se debe realizar la verificación de potencial cero antes de que el operador baje del equipo.
- Luego se debe instalar el bloqueo departamental dejando la llave del camión en un atril confeccionado para esto y luego bloquear el atril con los candados de los técnicos que intervendrán en el equipo, las personas que participen del procedimiento deben anotarse en el libro de registro de bloqueo y colocar cuñas en las ruedas.
- Se debe ubicar la gata en la base de suspensión de acuerdo a la posición a intervenir, luego se instalara una goma entre embolo de gata y superficie de contacto del camión, al posicionarla se debe procurar accionarla desde control remoto. Una vez levantado el camión se debe instalar un soporte fijo.
- Botar la presión de los neumáticos hasta 10 P.S.I. antes de empezar a sacar tuercas.



Figura 6.10 Instalación de gata y soporte.

6.1.3.2 Retiro de tuercas

- Se debe usar herramienta de torque para soltar las tuercas, y pistola neumática para su remoción.
- Personal técnico debe retirar con precaución las tuercas o grampas (según corresponda), de tal forma que si caen de su posición no golpeen al trabajador, igual cuidado hay que tener con el dado, la extensión y la herramienta de torque ante eventuales caídas de estos elementos.
- Se debe dejar 3 tuercas de sujeción sin soltar en forma de triángulo, a excepción de las posiciones delanteras de los camiones Komatsu 830 en las que debe dejar dos tuercas sin soltar, una por cada costado en forma horizontal.
- Ya instaladas las tuercas de amarre se debe solicitar al operador del equipo manipulador que tome la rueda, teniendo la precaución de que no haya nadie entre el manipulador y la rueda.
- Si se llegase a encontrar tuercas apretadas se deberá aplicar lubricante y esperar dos horas para intentar sacarlas. Si no salen se deberá calentar o cortar los pernos, tomando como precaución sacar todo el nitrógeno del neumático.

6.1.3.3 Montaje y desmontaje de llantas

- Para el desmontaje de la rueda esta debe ser tomada por el equipo manipulador, luego ingresara personal para sacar las tuercas que se dejaron para mantenerla asegurada, una vez removidas las tuercas y el personal fuera del sector, se retirará la rueda teniendo la precaución de no dañar los espárragos de la masa.
- Antes de retirar cualquier rueda, se debe verificar la dirección de las ruedas del manipulador.
- Se debe evaluar la masa teniendo especial cuidado de revisar posibles trizaduras, suciedad, manchas de grasa o aceite, deformaciones o anomalías, rebabas, además revisar estado de tuercas, espárragos, se debe informar a su superior de cualquier anomalía, para realizar su recambio o dar solución a la anomalía.

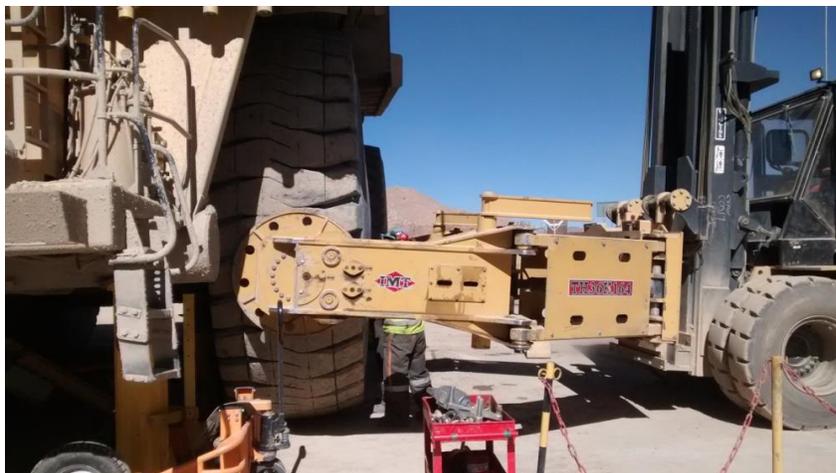


Figura 6.11 Retiro de tuercas que aseguran la rueda.

- Para retirar las ruedas traseras exteriores, el procedimiento es el mismo que para las delanteras.
- Para retirar las ruedas traseras interiores es necesario instalar un soporte para el bota piedras y retirar la protección de las tuercas en los modelos Caterpillar 797, 793, y Komatsu 930 o el aro separador en los equipos Komatsu 830, luego se procede al retiro de tuercas igual que en las otras posiciones.

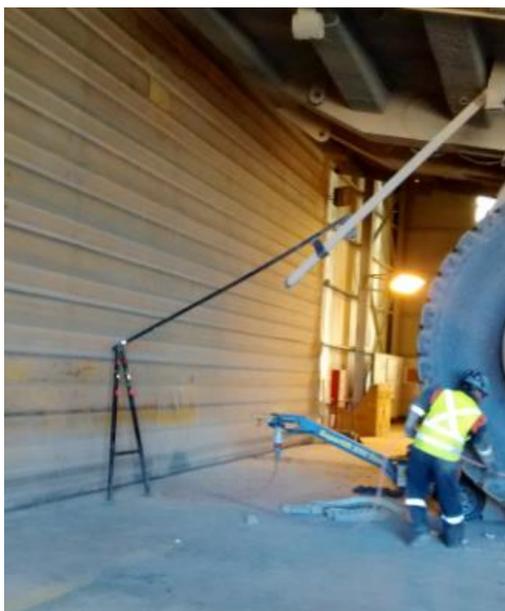


Figura 6.12 Soporte del bota piedras

- Se debe limpiar adecuadamente el sector de asiento de la masa, para que cuando se instale la rueda la zona de asiento del aro se junte perfectamente, utilizando escobillas de acero y paños.
- Mantener la rueda que se va a instalar, revisada y limpia.
- Para la instalación, el equipo manipulador debe tomar la rueda, ubicarla en posición vertical y montarla en la masa del camión, teniendo la precaución de introducir los espárragos de la masa en orificios del aro de la rueda para evitar dañarlos.
- Para guiar el montaje se debe marcar la válvula en el neumático con tiza, de ser necesario un técnico se ubicara entre el equipo manipulador y la rueda para guiar el calce de la llanta en los espárragos y el codo de la válvula.



Figura 6.13 Técnico guiando el montaje de la rueda.

- Una vez posicionada la rueda debe ingresar personal a montar las tuercas para asegurar el montaje, una vez realizado deben salir del área y avisar al operador del manipulador que retire el equipo para luego montar las tuercas faltantes.

- Para instalación de las ruedas traseras exterior debe estar montada la rueda trasera interior con la totalidad de las tuercas, con su protección según lo indicado en la sección 6.1.3.4 (a excepción de la flota 830 que no lleva tuercas en la posición interior), se debe retirar también el soporte del bota piedras.
- En el montaje de las ruedas traseras exteriores de los camiones Caterpillar 797, 793 y Komatsu 930, un técnico debe ubicarse entre las ruedas traseras para montar la válvula de la rueda interior en la exterior.

6.1.3.4 Instalación y apriete de tuercas

- Para poder instalar las tuercas la rueda debe estar posicionada y asegurada.
- Antes de comenzar a aplicar torque a las tuercas se debe pintar la primera tuerca para verificar la vuelta completa.
- Se debe lubricar todos los hilos de los pasadores y las pestañas de asiento de la tuerca con grasa en base a litio e instalar esponjas protectoras de barro en posiciones interiores.
- Se debe instalar y apretar seis tuercas en la posición de 90° respecto a la horizontal y seis tuercas en la posición de 270°, luego se debe realizar el mismo procedimiento con tres tuercas directamente debajo de la posición de 0° y tres tuercas en la posición de 180°. Finalmente se debe instalar tres tuercas directamente sobre la posición de 0° y tres tuercas directamente debajo de la posición de 180°, luego se debe instalar el resto de las tuercas.

6.1.3.5 Revisión del procedimiento

- Se debe revisar presiones, goma remanente, desgastes irregulares, cortes, separaciones, posibles fugas, aros y sus componentes, tapas de punta, etc. con la finalidad de que el equipo salga a trabajar en óptimas condiciones desde el taller.

- Una vez aplicado el torque a las ruedas, levantar gata electro hidráulica para retirar los soportes fijos tomándolos desde las manillas, luego bajar gata, retirar y dejar ordenado.

- Se debe revisar el alineamiento efectuando una marca a la altura de un metro, tanto por delante como por detrás del neumático y en el centro de la banda de rodado en las posiciones delanteras y medir la longitud entre los neumáticos, tanto por delante como por detrás, este debe tener dos centímetros de divergencia como máximo.

- Se debe entregar equipo a personal de operaciones y de mantención de la compañía. El equipo debe regresar para revisión del torque luego de tres horas de trabajo cargado. Además se debe realizar una verificación de torque a las seis horas de operación, si se encontraran tuercas con falta de torque, este se debe corregir.

- Terminado el trabajo el personal debe retirar los candados de bloqueo y anotarse en el libro de registro. Si el operador del equipo no está en el lugar al momento de entregar el equipo, el responsable de este o el Jefe de Operaciones o supervisor debe dejar su bloqueo instalado como así también las cuñas hasta que el operador se aproxime a retirar el equipo.

6.1.3.6 Tiempos asociados al procedimiento.

En la siguiente tabla se detalla el tiempo asociado a cada una de las acciones del procedimiento.

Tabla 6.2 Tiempos asociados al procedimiento.

Tarea	Tiempo (Minutos)
Posicionamiento del camión en la nave	10
Levantar camión con gata e instalar o remover soportes	10
Soltar tuercas con herramienta de torque	15
Remover tuercas con herramienta neumática	20
Remover tuercas que aseguran la rueda	3
Retiro de la rueda con equipo manipulador	2
Remover protección de tuercas posición tras. Interior	10
Instalar protección de tuercas posición tras. Interior	5
Instalar o remover soporte bota piedra	3
Instalar rueda con manipulador de neumáticos	5
instalar tuercas para asegurar la rueda	5
limpieza de masa y espárragos	5
Instalar tuercas con herramienta neumática	15
Apretar tuercas con herramienta de torque	20

6.2 RIESGOS ASOCIADOS AL CAMBIO DE RUEDAS

En esta sección se detallarán los riesgos que se desea disminuir o eliminar del actual, los controles aplicados y su efectividad. (Ver anexos 2, 3, 4 y 5)

6.2.1 Equipo en movimiento con carga suspendida

Los riesgos y controles asociados a los peligros de transportar y montar ruedas se expresan en la siguiente tabla:

Tabla 6.3 Peligro por atrapamiento entre manipulador y rueda.

P	C	P	GRADO DE RIESGO PURO	CONTROLES EXISTENTES
5	5	25	Alto	.- Análisis del riesgo del trabajo (ART). .- Permanente contacto visual entre los participantes .- Señalero para operaciones. .- Inducción hombre nuevo .- Trabajador informado de los riesgos de su actividad
P	C	P	GRADO DE RIESGO RESIDUAL	CONTROLES ADICIONALES
4	3	17	Alto	.- EPF 02 Estándar para equipos móviles de superficie. .- Implementación de actividades de observación al trabajo
P	C	P	GRADO DE RIESGO ESPERADO	
2	2	5	Bajo	

6.2.2 Utilización de herramientas neumáticas y de torque.

Se detallarán los riesgos y controles asociados a los peligros de la utilización de herramientas neumáticas y de torque.

Tabla 6.4 Peligro por atrapamiento entre herramientas de torque y rueda.

P	C	P	GRADO DE RIESGO PURO	CONTROLES EXISTENTES
5	4	23	Alto	.- Mantenimiento e inspección de herramientas. .- EPF n°4 Protección de equipos. .- Análisis del riesgo del trabajo (ART).
P	C	P	GRADO DE RIESGO RESIDUAL	
2	2	5	Bajo	

Tabla 6.5 Peligro por proyección de componentes, fragmentos, o partículas solidas.

P	C	P	GRADO DE RIESGO PURO	CONTROLES EXISTENTES
5	5	25	Alto	.- Análisis de riesgo del trabajo (ART). .- Inducción CMDIC.
P	C	P	GRADO DE RIESGO RESIDUAL	
2	2	5	Bajo	

Tabla 6.6 Peligro por sobre esfuerzo debido al uso de herramientas.

P	C	P	GRADO DE RIESGO PURO	CONTROLES EXISTENTES
4	3	17	Alto	.- Análisis de riesgo del trabajo (ART). .- Inducción CMDIC. .- Peso máximo de herramientas (25 kilogramos CMDIC).
P	C	P	GRADO DE RIESGO RESIDUAL	
2	2	5	Bajo	

Tabla 6.7 Peligro de ser golpeado por herramientas o materiales como dados o accesorios.

P	C	P	GRADO DE RIESGO PURO	CONTROLES EXISTENTES
5	3	20	Alto	.- Mantenición e inspección de herramientas. .- EPF n°4 Protección de equipos. .- Análisis del riesgo del trabajo (ART).
P	C	P	GRADO DE RIESGO RESIDUAL	
2	2	5	Bajo	

6.2.3 Efectividad de los controles.

Si bien la mayoría de los controles son efectivos hay veces en que no lo son, a continuación se describirá los controles en los que existen deficiencias.

- Concentración en la labor y colocar atención al entorno: En muchas ocasiones el personal del taller de neumáticos no pone la atención necesaria al trabajo que realiza.
- Análisis de riesgo del trabajo (ART): en la mayoría de los casos el análisis de riesgo es tomando como algo rutinario, no comentan las actividades ni consideran nuevos riesgos en las tareas a realizar.
- EPF N°4: Bajo conocimiento del estándar.
- Procedimiento específico de atención de equipos: Procedimientos difieren de la realidad no se conoce el detalle de estos.
- Capacitación del personal en procedimiento específico: Personal desconoce procedimientos.
- Chequeo de pre-uso: No siempre se chequean las herramientas antes de su uso.
- EPF N° 2: Bajo o nulo conocimiento del estándar.
- Permanente contacto visual entre los participantes: los participantes entran y salen muchas veces del área de trabajo.

A pesar que grado de riesgo esperado de todas las actividades es bajo, su evaluación se realizó suponiendo que todos los controles eran efectivos, situación que no se da en la realidad por lo que es necesario incluir tratamientos y reforzar los controles existentes.

6.3 ALTERNATIVAS PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

A continuación se expondrán las diferentes alternativas disponibles en el mercado para la solución de la problemática.

6.3.1 M.A.R. Automatic Wheel Change

La empresa Australiana Machinery Automation & Robotics ofrece un sistema llamado Automatic Wheel Change, sistema que permite realizar un cambio automático de las ruedas de camiones de extracción, a continuación se detallaran las características principales de este equipo.

Este equipo proporciona una asistencia completa para el cambio automatizado de ruedas de grandes vehículos de minería, procedimiento que presenta importantes riesgos en seguridad para la industria.

El M.A.R. Automatic Wheel Change es una estructura montada en el equipo manipulador de neumáticos, esta estructura está equipada con brazos robóticos que en sus puntas pueden variar la herramienta que utilizan, las que pueden ser pinzas o pistolas ambas accionadas de forma eléctrica, con estas herramientas se pueden realizar las operaciones necesarias para evitar la intervención de las personas en el área de riesgo, además el sistema tiene la capacidad de realizar un montaje preciso de la rueda evitando posibles daños a los equipos.

Durante el proceso de montaje y remoción de ruedas, el sistema ofrecido por M.A.R. utilizará un equipo de escaneo para determinar las posiciones de los ejes, tuercas y pernos, además posee un sistema de fijación automático para tuercas o tornillos, mediante una herramienta aprieta-quita tuercas.



Figura 6.14 Vista general del sistema.

6.3.1.1 Requerimientos para la instalación del sistema

Para poder incorporar el Automatic Wheel Change es necesario instalarlo en los manipuladores estos deben tener las siguientes capacidades disponibles:

- El equipo manipulador debe tener el espacio disponible para instalar la base del sistema y para soportar su peso (2x 250 kg), también debe ser capaz de soportar el peso de los brazos robóticos (2x450kg).
- El equipo manipulador debe proveer la energía para el funcionamiento del sistema mediante tomas de corriente (3P + N + E @ 32amps).
- El equipo manipulador debe tener en la cabina un espacio disponible para los controles (aprox. 750 x 750 mm).
- Tipo de extensiones de punta y dados compatibles con Komatsu 830E - 930E y CAT 793-797.
- Torques para las tuercas debe estar en el rango de 850 -1500 lb-ft
- Las naves donde se realiza el cambio de rueda deben tener una superficie plana y uniforme.

6.3.1.2 Características de funcionamiento

A continuación se detallarán las tareas realizadas por el sistema:

- Posicionamiento del manipulador: para el posicionamiento del manipulador los brazos robóticos se ubican como muestra la figura, esto con el objetivo de permitir una mejor visibilidad del operador del equipo y evitar posibles colisiones de los brazos robóticos con la rueda.

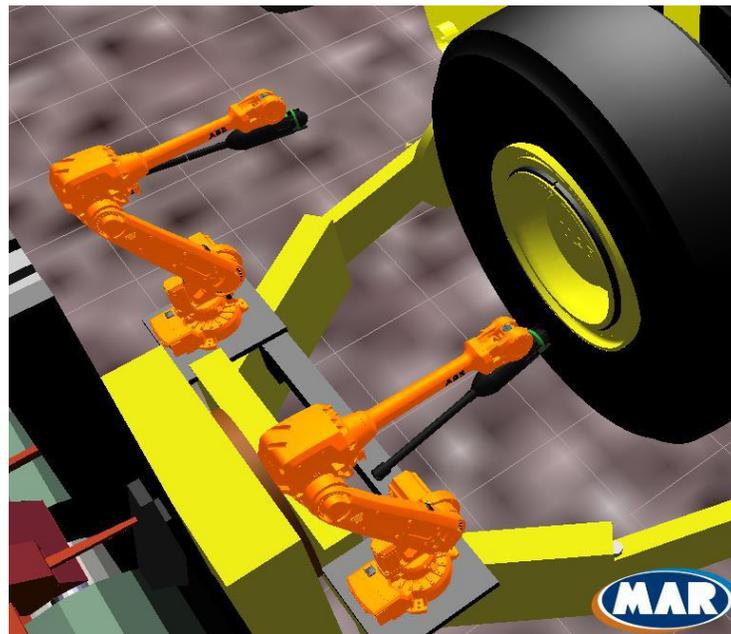


Figura 6.15 Posicionamiento del manipulador.

- Instalación y retiro de pernos: Para la realización de la tarea, el sistema automatizado mediante una cámara identifica la ubicación de los pernos o espárragos según corresponda, el operador mediante una pantalla táctil en el interior confirma la información para poder llevar a cabo la operación. Durante la instalación se debe seguir un orden y una secuencia de torques, este sistema es capaz de realizar estas labores sin inconvenientes. El sistema cuenta con una bandeja para poder alojar los pernos que se instalan o se remueven.

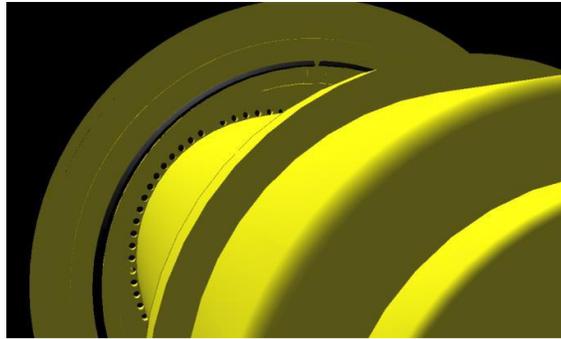


Figura 6.16 el sistema debe visualizar la ubicación de las tuercas y o espárragos.



Figura 6.17 el sistema instala o retira automáticamente las tuercas.



Figura 6.18 bandeja para tuercas.

- Posicionamiento de la rueda en el mando: para posicionar la rueda en el mando el sistema posee una cámara la cual logra identificar la ubicación exacta de montaje, el operador del equipo manipulador debe confirmar la operación mediante el sistema de control ubicado en la cabina.
- Sistemas de seguridad: para evitar la colisión de los brazos robóticos hay un sistema de seguridad que advierte al operador o detiene automáticamente los brazos según la circunstancia.

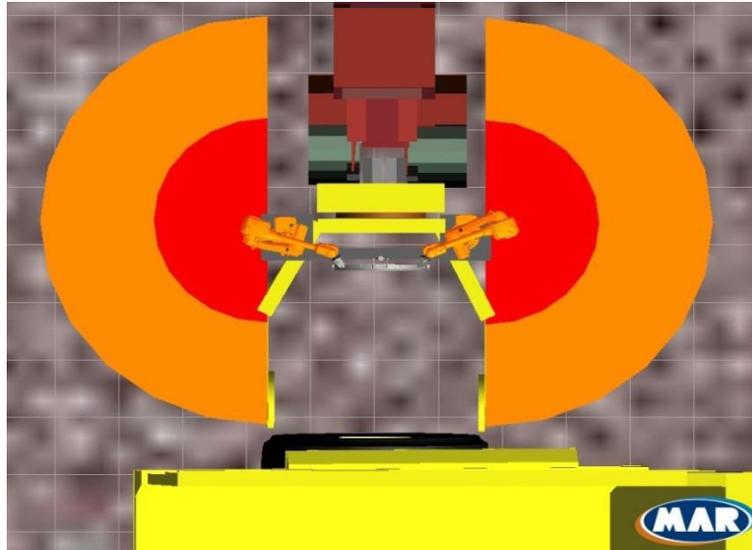


Figura 6.19 Sistema de seguridad, anticollisión de los brazos robóticos.

6.3.1.3 Sistema de brazo robótico

El sistema robótico ABB IRB 4600 6-axis robot, está compuesto por los siguientes componentes:

- Gabinete de control individual IRC 5.
- Mutimove Coordinated System o Two (2) ABB IRB 6600 manipulators.
- 7 metros de Cable para conexión al manipulador y el gabinete.
- Flexpendant con 10 metros de cable.
- 24V 8 Amp fuente de poder.
- Robot Ware 5 Boot Package.
- DVD con documentación en ingles.

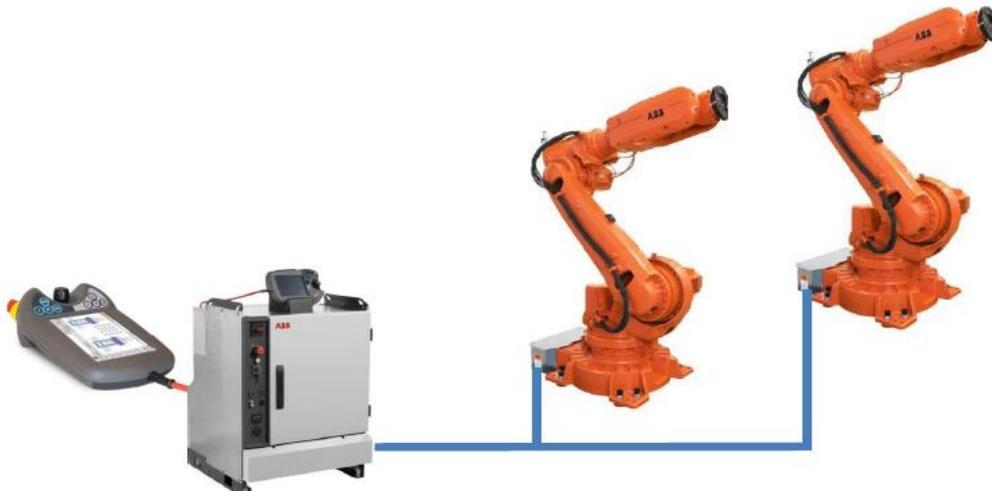


Figura 6.20 esquema del sistema robótico.

6.3.1.4 Base para el montaje de los brazos robot

La base para soportar los brazos robot está conformada de dos bases para el soporte de brazo robot construido en acero al carbono.

Incluye la pintura, instalación en el manipulador, e instalación de los brazos sobre sus bases.

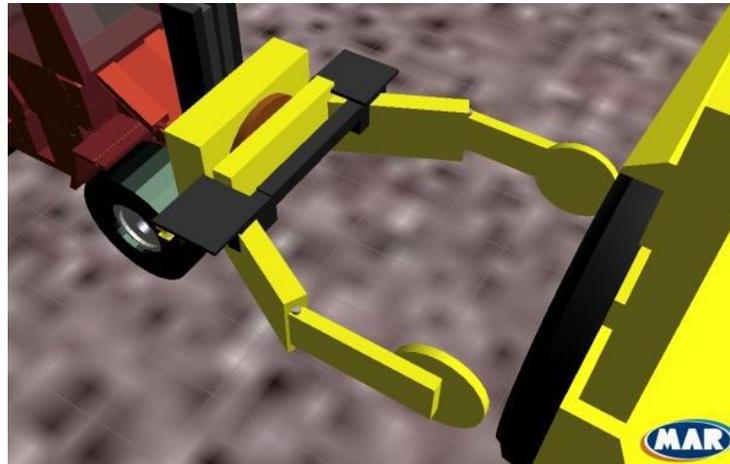


Figura 6.21 base para instalación de brazos.

6.3.1.5 Herramientas del brazo robótico

Las herramientas para poder realizar el cambio de ruedas son dos sistemas de torque robóticos que tienen las siguientes características:

- Máximo torque de 1500 lb-ft.
- Motor eléctrico de 40 Amp.
- Módulo de controlador con el interfaz de comunicaciones para controlar la red.
- Unidades de cambio de herramientas robóticas con conexión de servicios eléctricos.
- Soportes offset, extensiones de socket y brazos de reacción
- Cámaras de visión para la orientación posición de las tuercas.
- Todos los cables asociados y módulos de conexión.
- Módulos de sujeción de la herramienta Torque.
- Bandeja para el almacenamiento de tuercas.



Figura 6.22 Herramienta del brazo robótico.

6.3.1.6 Componentes del sistema de seguridad

Este sistema se compone de las siguientes partes:

- Cámaras laser en las zonas de seguridad.
- Interface hacia los controladores.

6.3.1.7 Sistema de control abordo

El sistema de control abordo consta de las siguientes partes:

- Una caja de acero para albergar a todo el hardware del sistema de control (750x750x1800 mm.).
- Un sistema de PLC con módulos de comunicaciones.
- La pantalla del operador para los efectos visuales del sistema y la función de reconocimiento.
- Todo el panel requerido montado / interruptores Manual / Auto Off.
- Todo el panel requerido montado luces indicadoras y botones.
- Todo el equipo general requerido incluyendo la interposición / relés de control, terminales, enlaces, el cableado, los casquillos, los conductos, etiquetas, etc. para completar la construcción del panel.
- Dos escáneres láser con la advertencia de zona perimetral

- Sensores de campo y juegos de cables asociados
- Válvulas Hidráulicas y controles asociados
- Todos los cables incluidos controles, redes robot y los cables de alimentación
- Protección mecánica, incluida la cadena de la energía para el movimiento articulado

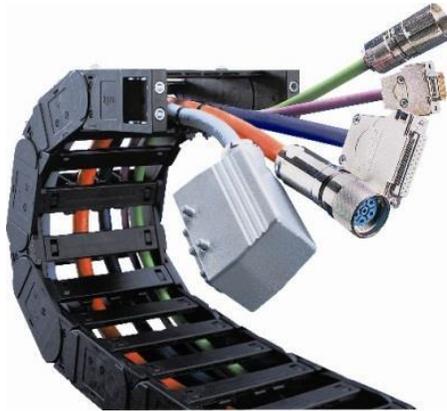


Figura 6.23 Sistemas de control.

6.3.1.8 Costo de implementación

La empresa M.A.R. ofrece todos los equipos necesarios, asesorías, capacitación, instalación, y desarrollo de software.

El costo de implementación de esta alternativa es de: **USD 1, 687, 000.**

6.3.1.9 Costo de mantención

El costo de mantención anual de este equipo es de aproximadamente US\$ 20.000.

6.3.1.10 Compatibilidad del sistema

El sistema es compatible con los manipuladores que existen actualmente en faena.

El sistema es compatible con todas las flotas de camiones, en cuanto a las dimensiones y a la graduación de las tuercas.

Limitantes:

- El sistema de torque no es capaz de realizar el apriete necesario de las flotas Komatsu 930 y Caterpillar 797, por lo que es necesario utilizar herramientas manuales para llegar al torque final.
- Es un equipo aún en desarrollo, por lo que no existen experiencias de su uso.

6.3.1.11 Tiempos de cambio asociados al proceso

Se estima que el sistema permite disminuir en 20 % el tiempo de instalación y retiro de tuercas, y en 30% la aplicación de torque.

6.3.2 FMA sistema extractor de tuercas.

La empresa FMA industrial a través de su representante en Chile ofrece un sistema que permite remover o montar las tuercas a través de un sistema de control remoto, este sistema permite instalar o remover las tuercas para asegurar la rueda en su posición evitando cualquier riesgo de caída y/o aplastamiento sobre alguna persona, actualmente esta tarea se realiza de forma manual con el riesgo de que ocurra un incidente, además este equipo posee un monitor para observar la posición del dado.



Figura 6.24 vista general sistema extractor de tuercas.

6.3.2.1 Componentes del equipo

El equipo extractor de tuercas consta de los siguientes componentes:

- Chasis.
- Central electro hidráulica.
- Sistema de alimentación eléctrica.
- Sistema de control remoto inalámbrico.
- Brazo Extractor y Montador de tuercas.



Figura 6.25 Sistema extractor de tuercas en funcionamiento.

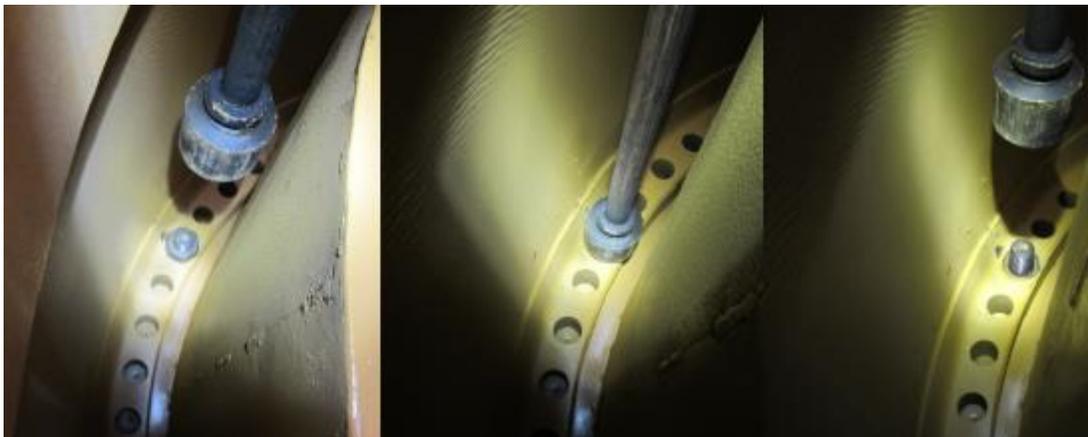


Figura 6.26 Imagen de la cámara del sistema extractor de tuercas.

6.3.2.2 Ficha Técnica

Las características técnicas del sistema son:

- Power pack electro hidráulico, 25hp, 380VAC.
- Sistema hidráulico 10gpm @ 2500psi.
- Alcance profundidad a tuerca 72cms (diseño especial si se requiere)
- Radio operación variable dependiendo diámetro de llanta, posee sistema de extensión radial.
- Operación de soltar o aplicar torque a las tuercas según requerimiento cliente.
- Llave de torque hidráulica estándar. (Neumática opcional)
- Sistema chasis estructural rígido soldado.
- 4 estabilizadores hidráulicos.
- Sistema de control de temperatura aceite hidráulico.
- Sistema comando hidráulico full proporcional controlado vía remota inalámbrico.
- Cámara de video montado en brazo, señal inalámbrica de imágenes.
- Pantalla LCD alta resolución montado en consola de control remoto, inalámbrica.
- Alcance brazo; radial 1500mm vertical 2750mm.

6.3.2.3 Dimensiones

Dimensiones Generales (mm):

- Alto: 1110
- Ancho: 1200
- Largo: 1700

Alcance del Brazo:

- Altura max: 2450 sin incluir las carreras de los cilindros estabilizadores.
- Altura min: 650 sin incluir las carreras de los cilindros estabilizadores.
- Lateral izq: 600
- Lateral der: 600
- Avance lateral total: 12
- Puede operar con llantas hasta aro 63"

6.3.2.4 Costos de implementación

El valor del equipo, incluidas pruebas para puesta en marcha y capacitación tiene un valor de: USD\$ 205.000.

6.3.2.5 Mantenimiento

Este equipo no posee una pauta de mantenimiento definida, ya que es un equipo pequeño con pocos componentes por lo que no se fijara un costo asociado a su mantenimiento, es un equipo en desarrollo por lo que con el tiempo se podrá identificar algún tipo de falla.

Cada cierto periodo es necesario realizar la lubricación de algunos puntos de articulación de manera preventiva, sus costos de mantención no deberían superar los USD\$ 4.000.

6.3.2.6 Compatibilidad

El equipo se puede implementar sin problemas en faena, ya que solo necesita de alimentación eléctrica, es compatible con el tamaño de las llantas y con la profundidad en que se encuentran las tuercas.

Limitantes:

- El equipo no es capaz de eliminar la intervención entre el equipo manipulador y la rueda para los camiones Komatsu 830, esto debido a su sistema de anclaje.
- El equipo es capaz de remover o instalar solo una tuerca a la vez, por lo que para la instalación o remoción de las tuercas de seguridad hay que posicionar varias veces el sistema.

6.3.2.7 Tiempos asociados al proceso

El sistema extractor triplica el tiempo para la instalación o remoción de las tuercas que aseguran las ruedas, esto se debe a que él puede instalar o remover solo una tuerca a la vez.

6.3.3 FMA Sistema de Seguridad y Control de Visión Vía Cámara para Montaje de llantas

El sistema propuesto, consiste en la instalación de un brazo motorizado por un sistema hidráulico muy sencillo desde la cabina del operador, este brazo tiene como misión portar una cámara de video de alta resolución que permite al operador visualizar en el momento del montaje de la rueda la cuadratura de los orificios con los pernos de amarre de la llanta.

6.3.3.1 Especificaciones técnicas

El sistema está compuesto por las siguientes partes:

- Brazo hidráulico: se trata de un brazo para soportar la cámara, éste es articulado (movimientos en ejes Y/Z) con el fin de posicionar la cámara en forma correcta, es decir para enfrentar la llanta en forma paralela y asegurar una visión real del objetivo en la pantalla. El brazo se instala en el cuerpo principal del manipulador. Su articulación se logra mediante cilindros hidráulicos integrados en el brazo y comandados mediante control remoto desde la cabina.



Figura 6.27: Brazo hidráulico.

- Cámara de video y pantalla en cabina del operador: se trata de una cámara de visión nocturna, es digital e inalámbrica. Está clasificada como IP66, esto quiere decir que la cámara está bien protegida contra el polvo y la humedad. Puede tolerar vibraciones de hasta 8G. Soporta entre -20 y 50°C. En la cabina se dispone una pantalla Led de 7".



Figura 6.28 cámara de video



Figura 6.29 monitor

- Control remoto para manipulación del brazo: en la cabina del equipo manipulador se dispondrá de los comandos del brazo articulado porta cámara. Este comando es de tipo on/off, con baja velocidad para lograr un posicionamiento preciso de la cámara.



Figura6.30: Control remoto

- Block de válvulas de control para acople a sistema del manipulador: este sistema permite la conexión entre el sistema hidráulico del equipo manipulador, para el funcionamiento de los cilindros, estas válvulas permiten que el operador pueda realizar movimientos del brazo a través del sistema de control instalado en la cabina.

6.3.3.2 Requerimientos y compatibilidad

Los requerimientos para poder realizar la instalación y poder mantener en funcionamiento este sistema son los siguientes:

- Conexión al sistema eléctrico del manipulador
- Conexión al sistema hidráulico del manipulador
- Espacio disponible en la cabina para la instalación del monitor y controles
- Espacio para montar la cámara en el manipulador.

Los manipuladores existentes en la faena son compatibles con los requerimientos.

Limitaciones:

- No es posible observar el montaje de las ruedas traseras interiores.

6.3.3.3 Tiempo asociado al proceso

Este sistema no genera variaciones en el tiempo de cambio de ruedas.

6.3.3.4 Costo de implementación

El costo para implementar: Sistema de Video en Brazo Hidráulico USD 38.000.

Servicios: Un técnico en terreno por máximo 3 días hábiles para montaje, entrenamiento y soporte. US\$ 5.000.

El programa de capacitación de uso del equipo será del tipo teórico-práctico (en terreno) consiste en 3 sesiones de 9 horas.

6.3.3.5 Costo de mantención

El costo de mantención anual para este equipo es de aproximadamente US\$ 400.

6.3.4 SATTEL Sistema de cámara de video para equipos manipuladores

Este sistema al igual que el sistema de cámara FMA, permite realizar el montaje de ruedas sin necesidad de la intervención de personas en la zona de riesgo, ya que el operador del equipo manipulador de neumáticos podrá ver a través de un monitor en la cabina los detalles del montaje, y podrá manipular la cámara para poder realizar un enfoque en donde sea necesario.

El principal componente de este sistema es una cámara de video fijada en el manipulador, la cual puede ser operada desde el interior de la cabina, es una cámara eléctrica que se puede mover para poder tener visión de mayores detalles.

6.3.4.1 Especificaciones técnicas

Los componentes del sistema y sus especificaciones son los siguientes:

- Cámara de video: Esta cámara cuyo componente principal es un lente Sony, posee la cualidad de poder operar a la intemperie, ser resistente al polvo y tener un sistema de calefacción, puede moverse hacia arriba, abajo, izquierda, y derecha; posee sistema infrarrojo para visión nocturna, y zoom óptico de 36X.



Figura 6.31 Cámara del sistema Sattel.

- Monitor: El sistema incluye un monitor instalado en el interior de la cabina del manipulador de neumáticos



Sattel. Figura 6.32: Monitor del sistema.

- Sistema de control: La cámara puede ser manipulada desde la cabina mediante un controlador que posee un joystick que permite que el operador pueda manejar con facilidad el sistema.



Figura 6.33 Controlador del sistema Sattel.

6.3.4.2 *Requerimientos y compatibilidad*

Los requerimientos para poder realizar la instalación y poder mantener en funcionamiento este sistema son los siguientes:

- Conexión al sistema eléctrico del manipulador:
 - Pantalla 12VDC
 - Controlador 12VDC
 - Cámara 24VDC
- Espacio disponible en la cabina para la instalación del monitor y controles
- Espacio para montar la cámara en el manipulador.

Los manipuladores existentes en faena son compatibles con los requerimientos.

Limitaciones:

- Este sistema no tiene la capacidad para visualizar los detalles de la rueda trasera interior.

6.3.4.3 *Tiempo asociado al proceso*

Este sistema no genera variaciones en el tiempo de cambio de ruedas.

6.3.4.4 *Costo de implementación.*

El costo de implementación de este sistema es el siguiente:

Tabla 6.8 Costo implementación sistema Sattel.

Ítem	Descripción	Valor
1	Sistema de monitoreo y control de cámara, materiales de instalación	\$ 7.282.492
2	HH de instalación , configuración, pruebas, y capacitación	\$ 2.082.938
3	Gastos operacionales, logísticos y administrativos	\$ 2.645.764
Total Neto		\$ 12.011.194

6.3.4.5 *Costo de mantención*

El costo de mantención anual para este equipo es de aproximadamente US\$ 100.

6.4 EVALUACIÓN DE RIESGO

Se realizará una evaluación de riesgo formal para determinar el efecto que produciría la implementación de las alternativas que se expusieron anteriormente, esta evaluación se realizara utilizando el método de clasificación de riesgo de la sección 5.1.

6.4.1 M.A.R. Automatic Wheel Change

Este sistema permitiría eliminar casi por completo la intervención humana en la tarea de cambio de ruedas. A continuación se evaluara el efecto que produciría su implementación.

6.4.1.1 Mejoras en seguridad

Las mejoras que otorgaría en seguridad este sistema son las siguientes:

- Evitaría la intervención de personas entre el equipo manipulador y la rueda.
- Evitaría la intervención de personas para realizar el montaje o desmontaje de tuercas.
- Disminuiría la intervención de personas en la aplicación de torque a las tuercas.

6.4.1.2 Identificación del riesgo

Los riesgos que deberán ser reevaluados son los siguientes:

- Riesgo de ser atrapado entre las herramientas de torque y la rueda.
- Riesgo por proyección de componentes, fragmentos, o partículas solidas.
- Riesgo por sobre esfuerzo debido al uso de herramientas.
- Riesgo de ser golpeado por herramientas o materiales como dados o accesorios.

Los riesgos que se eliminan son:

- Riesgo de ser atrapado entre las herramientas de torque y rueda.

6.4.1.3 Variación de la probabilidad, la consecuencia y la magnitud relativa de riesgo con menor utilización de herramientas manuales.

Se determinara cual sería la variación en los riesgos sin aplicación de ningún control.

La probabilidad de ocurrencia de un incidente disminuiría 55% debido a la menor utilización de herramientas neumáticas manuales.

No hay mayor disminución en la consecuencia ya que este sistema solo produce una baja en la frecuencia en que intervienen las personas.

Tabla 6.9 Variación de la probabilidad, la consecuencia y la magnitud relativa de riesgo por la implementación del sistema M.A.R.

Riesgo	Consecuencia actual	Consecuencia implementand o el sistema	Probabilidad actual	Probabilidad implementando el sistema	Magnitud relativa actual	Magnitud relativa implementand o el sistema
Atrapamiento entre herramienta y rueda	4	4	5	3	23	18
Proyección de componentes fragmentos o partículas	5	4	5	3	25	18
Sobre esfuerzo debido al uso de herramientas	3	3	4	3	17	13
Golpes por herramientas o materiales	3	3	5	3	20	13

Como se puede observar en la tabla 6.9, la magnitud relativa de riesgo disminuye su nivel, que si bien aún sigue en un nivel alto, permite que la brecha que deben cubrir los controles sea mucho menor. Este sistema tiene la capacidad de eliminar en su totalidad las intervenciones entre el equipo manipulador y la rueda.

6.4.2 FMA sistema extractor de tuercas

Este sistema permitiría realizar la instalación y desinstalación de las tuercas que permiten asegurar la rueda a la masa, sin intervención de personas entre el manipulador y la rueda. A continuación se evaluará el efecto que produciría su implementación.

6.4.2.1 Mejoras en seguridad

Las mejoras que otorgaría en seguridad este sistema son las siguientes:

- Evitaría la intervención de personas entre el equipo manipulador y el neumático al montar o remover las tres tuercas que aseguraran la rueda.

6.4.2.2 Identificación del riesgo

Los riesgos que deberán ser reevaluados son los siguientes:

- Riesgo de ser aplastado o atrapado entre el equipo manipulador y neumático

6.4.2.3 Variación de la probabilidad, la consecuencia y la magnitud relativa de riesgo

La probabilidad de ocurrencia de un incidente disminuiría en un 45% debido a una menor intervención de personas entre el equipo manipulador y la rueda.

No hay ninguna variación en la consecuencia ya que se sigue expuesto a ser aplastado por el neumático.

Tabla 6.10 Variación de la probabilidad, la consecuencia y la magnitud relativa de riesgo por la implementación del sistema extractor de tuercas FMA.

Riesgo	Consecuencia actual	Consecuencia implementando el sistema	Probabilidad actual	Probabilidad implementando el sistema	Magnitud relativa actual	Magnitud relativa implementando el sistema
Atrapamiento entre manipulador y neumático	5	5	5	3	25	22

Como se observa en la tabla 6.10, la magnitud relativa de riesgo disminuye su nivel sin embargo esta disminución no es significativa debido a que la consecuencia se mantiene en caso de un incidente y solo hay una baja en la probabilidad de un incidente debido a la menor intervención entre el manipulador y la rueda.

6.4.3 FMA Sistema de Seguridad y Control de Visión y SATTEL Sistema de cámara de video

Se evaluarán las mejoras en seguridad que otorgarían ambos sistemas de cámaras. Solo se realizará una evaluación ya que ambos sistemas cumplen la misma función, estos sistemas permiten realizar el montaje de las ruedas delanteras y de las ruedas traseras exteriores sin necesidad de que intervenga una persona entre el equipo manipulador y el neumático.

6.4.3.1 Mejoras en seguridad

Las mejoras que otorga en seguridad este sistema son las siguientes:

- Evita la intervención de personas entre el manipulador y el neumático para guiar el montaje de la rueda.

6.4.3.2 Identificación del riesgo

Los riesgos que deberán ser reevaluados son los siguientes:

- Riesgo de ser aplastado o atrapado entre el equipo manipulador y la rueda.

6.4.3.3 Variación de la probabilidad, la consecuencia y la magnitud relativa de riesgo.

Se determinará cual sería la variación en la prioridad, consecuencia y magnitud relativa de los riesgos sin aplicación de ningún control.

La probabilidad de ocurrencia de un incidente disminuiría en un 45% debido a una menor intervención de personas entre el equipo manipulador y la rueda.

Hay una disminución en la consecuencia debido a que en la realización de trabajos entre el manipulador y el neumático este siempre está apoyado en la masa.

Tabla 6.11 Variación de la probabilidad, la consecuencia y la magnitud relativa de riesgo por la implementación de sistema de cámara.

Riesgo	Consecuencia actual	Consecuencia implementando el sistema	Probabilidad actual	Probabilidad implementando el sistema	Magnitud relativa actual	Magnitud relativa implementando el sistema
Atrapamiento entre manipulador y neumático	5	3	5	4	25	17

Como se observa en la tabla 6.11 la magnitud relativa de riesgo disminuye su nivel, sin embargo aún se mantiene crítico. Este sistema permitiría disminuir la consecuencia debido a que elimina las intervenciones entre el manipulador y la rueda cuando esta se encuentra sujeta solo por el manipulador.

6.4.4 Combinación entre FMA sistema extractor de tuercas y sistema de cámara.

Se evaluara las mejoras en seguridad que otorgaría la implementación del sistema extractor de tuercas complementado con un sistema de cámara. En conjunto estos sistemas permitirían realizar tanto el calce de las ruedas delanteras y traseras exteriores en la masa como la instalación o remoción de las tres tuercas que aseguran la rueda, sin necesidad de que intervenga una persona

6.4.4.1 Mejoras en seguridad

Las mejoras que otorgaría en seguridad este sistema son las siguientes:

- Evita la intervención de personas entre el manipulador y el neumático para guiar el montaje de la rueda en la masa, y en la instalación o desinstalación de las tuercas que aseguran la rueda.

6.4.4.2 Identificación del riesgo

Los riesgos que deberán ser reevaluados son los siguientes:

- Riesgo de ser aplastado o atrapado entre el equipo manipulador y la rueda.

6.4.4.3 Variación de la probabilidad, la consecuencia y la magnitud relativa de riesgo.

Se determinará cual sería la variación en la prioridad, consecuencia y magnitud relativa de los riesgos sin aplicación de ningún control.

La probabilidad de ocurrencia de un incidente disminuiría en un 90% debido a una menor intervención de personas entre el equipo manipulador y la rueda.

Hay una disminución en la consecuencia debido a que en la realización de trabajos entre el manipulador y el neumático este siempre está apoyado en la masa.

Tabla 6.12 Variación de la probabilidad, la consecuencia y la magnitud relativa de riesgo por la implementación la combinación del sistema extractor de tuercas y el sistema de cámara.

Riesgo	Consecuencia actual	Consecuencia implementando el sistema	Probabilidad actual	Probabilidad implementando el sistema	Magnitud relativa actual	Magnitud relativa implementando el sistema
Atrapamiento entre manipulador y neumático	5	3	5	2	25	9

Como se observa en la tabla 6.12 la magnitud relativa de riesgo disminuye considerablemente su nivel, este efecto se debe a que la intervención entre el equipo manipulador y la rueda disminuye en 80% por tanto la consecuencia disminuye debido a que en las intervenciones la rueda siempre está apoyada en la masa.

6.5 EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA VARIACIÓN DE TIEMPO DE CAMBIO

Se evaluará el efecto que provocaría en los indicadores de mantenimiento y en los ingresos de la compañía la variación en el tiempo de cambio de ruedas producto de la implementación de los equipos que se han descrito anteriormente.

6.5.1 Variación en el tiempo de cambio y su efecto económico.

Para la evaluación del efecto económico que provocaría el tiempo de cambio se utilizara la base de datos de las detenciones, la información entregada por los fabricantes, los tiempos para realizar la tarea, la proyección y costos operacionales, los indicadores de mantenimiento y el costo anual uniforme equivalente.

6.5.1.1 Variación en el tiempo por cambio.

En base a los tiempos por procedimiento (6.1.3.6) y los datos entregados por los fabricantes de los equipos se podrá determinar cuál es la variación de tiempo por cada cambio. Luego con el número de cambios por año y la variación de tiempo por cada cambio se podrá determinar el efecto anual que tendría la implementación de estos sistemas. La disminución en el tiempo de cambio provocara un aumento en el tiempo disponible de los camiones, un aumento en el tiempo de cambio provocara el efecto contrario. Una vez determinada la variación del tiempo disponible se debe obtener que parte de ese tiempo los equipos están en operación, a este tiempo se le llama tiempo operacional.

Tabla 6.13 Variación en el tiempo por cambio de ruedas si se implementara el sistema FMA extractor de tuercas.

Flota	Cambios de rueda por año	Δ Tiempo por cambio de rueda [hrs]	Δ Tiempo disponible anual [hrs]	Porcentaje de utilización	Δ Tiempo operacional anual [hrs]
Komatsu 930	654,3	0,33	-215,9	81%	-175,1
Caterpillar 797	38,9	0,33	-12,8	79%	-10,2
Caterpillar 793	20,5	0,33	-6,8	72%	-4,9

Tabla 6.14 Variación en el tiempo por cambio de ruedas si se implementara el sistema M.A.R. Automatic Wheel change.

Flota	Cambios de rueda por año	Δ Tiempo por cambio de rueda [hrs]	Δ Tiempo disponible anual [hrs]	Porcentaje de utilización	Δ Tiempo operacional anual [hrs]
Komatsu 930	654,3	-0,13	85,1	81%	69,0
Komatsu 830	96,9	-0,33	32,0	73%	23,4
Caterpillar 797	38,9	-0,13	5,1	79%	4,0
Caterpillar 793	20,5	-0,33	6,8	72%	4,9

Como se observa en la tabla 6.13 y 6.14 hay un aumento en el tiempo de cambio por rueda si se implementara el sistema extractor de tuercas y una disminución si se implementara el sistema automatic Wheel change. Esto implica variaciones en el tiempo disponible y el tiempo operacional.

6.5.1.2 Variación en las toneladas transportadas

Se estimará cual sería la variación en las toneladas transportadas y su efecto en la proyección anual (ver proyección en sección 4.1.1).

La variación de las toneladas transportadas se calcula con la siguiente fórmula:

$$\Delta \text{Ton. transportadas [ton]} = \text{Rendimiento operacional} \left[\frac{\text{ton}}{\text{hop}} \right] * \Delta \text{Tiempo operacional[hop]}$$

Tabla 6.15 Variación en las toneladas transportadas y su proyección si se implementara el sistema FMA extractor de tuercas.

Flota	Rendimiento operacional [ton/hop]	Δ Tiempo anual operacional [hop]	Δ Toneladas transportadas anualmente [ton]	Proyección anual [ton]	Nueva proyección [ton]
Komatsu 930	445,4	-175,1	-77988,0	274.670.000	274.592.012
Caterpillar 797	714,1	-10,2	-7275,0	274.670.000	274.662.725
Caterpillar 793	406,6	-4,9	-1978,6	274.670.000	274.668.021,4

Tabla 6.16 Variación en las toneladas transportadas y su proyección si se implementara el sistema MAR Automatic Wheel change.

Flota	Rendimiento operacional [ton/hop]	Δ Tiempo anual operacional [hop]	Δ Toneladas transportadas anualmente [ton]	Proyección anual [ton]	Nueva proyección [ton]
Komatsu 930	445,4	69,0	30722,6	274.670.000	274.700.722,6
Komatsu 830	321,5	23,4	7534,2	274.670.000	274.677.534,2
Caterpillar 797	714,1	4,0	2865,9	274.670.000	274.672.865,9
Caterpillar 793	406,6	4,9	1978,6	274.670.000	274.671.978,6

En las tablas 6.15 y 6.16 se observa el aumento o disminución en las toneladas transportadas por efecto de la variación en el tiempo operacional y como impacta al total de toneladas que se estima transportar anualmente.

6.5.1.3 Variación en el gasto mina

Una variación en el tiempo de cambio provocaría un efecto en el gasto de transporte debido a que habrá diferencias entre las toneladas proyectadas y las que realmente se transportarían. El gasto aumentaría o disminuirá dependiendo de la variación de las horas operacionales. Un aumento en las horas operacionales implicaría un aumento en los costos debido a que se debe transportar mayor cantidad de material, una disminución de las horas operacionales provocaría el efecto contrario.

La variación en el gasto mina se calcula de la siguiente forma:

$$\Delta \text{Gasto mina [US\$]} = \text{Costo unitario de transporte} \left[\frac{\text{US\$}}{\text{hop}} \right] * \Delta \text{Tiempo operacional [hop]}$$

Tabla 6.17 Variación en el gasto mina y su proyección si se implementara el sistema FMA extractor de tuercas.

Flota	Costo unitario de transporte [US\$/ton]	Δ Tiempo operacional anual [hrs]	Variación gasto mina [US\$]	Proyección anual [US\$]	Nueva proyección [US\$]
Komatsu 930	479	-175,1	-\$ 83.871	\$ 766.603.000	\$ 766.519.129
Caterpillar 797	479	-10,2	-\$ 4.880	\$ 766.603.000	\$ 766.598.120
Caterpillar 793	479	-4,9	-\$ 2.331	\$ 766.603.000	\$ 766.600.669

Tabla 6.18 Variación en el gasto mina y su proyección si se implementara el sistema MAR Automatic Wheel change.

Flota	Costo unitario de transporte [US\$/ton]	Δ Tiempo operacional anual [hrs]	Variación gasto mina [US\$]	Proyección anual [US\$]	Nueva proyección [US\$]
Komatsu 930	479	69,0	\$ 33.040	\$ 766.603.000	\$ 766.636.040
Komatsu 830	479	23,4	\$ 11.225	\$ 766.603.000	\$ 766.614.225
Caterpillar 797	479	4,0	\$ 1.922	\$ 766.603.000	\$ 766.604.922
Caterpillar 793	479	4,9	\$ 2.331	\$ 766.603.000	\$ 766.605.331

En las tablas 6.17 y 6.18 se observa la variación en el gasto mina anual por el efecto de la variación de las toneladas transportadas.

6.5.1.4 Variación en el costo Mina

La variación en el gasto mina y en las toneladas transportadas provocaría un cambio en el costo mina, indicador que cuantifica el costo por tonelada transportada. El diferencial entre el nuevo costo mina y el costo mina actual será el factor que determinara la variación en los ingresos de la compañía por el efecto de la implementación de los sistemas para el cambio de rueda.

El nuevo costo mina se calculará con la siguiente formula.

$$\text{Nuevo costo mina} \left[\frac{\text{US\$}}{\text{ton}} \right] = \frac{\text{Nueva proyección gasto mina [US\$]}}{\text{Nueva proyección toneladas transportadas [ton]}}$$

Tabla 6.19 Variación en el costo mina si se implementara el sistema FMA extractor de tuercas.

Flota	Nueva proyección [US\$]	Nueva proyección [ton]	Nuevo costo mina [US\$/ton]	Costo mina actual [US\$/ton]	Δ Costo mina [US\$/ton]	Porcentaje de variación del costo mina
Komatsu 930	\$ 766.519.129	274.592.012	2,791	2,791	0,000484	0,0173%
Caterpillar 797	\$ 766.598.120	274.662.725	2,791	2,791	0,000053	0,0019%
Caterpillar 793	\$ 766.600.669	274.668.021,4	2,791	2,791	0,000008	0,0003%

Tabla 6.20 Variación costo mina si se implementara el sistema MAR Automatic Wheel change.

Flota	Nueva proyección [US\$]	Nueva proyección [ton]	Nuevo costo mina [US\$/ton]	Costo mina actual [US\$/ton]	Δ Costo mina [US\$/ton]	Porcentaje de variación del costo mina
Komatsu 930	\$ 766.636.040	274.700.722,6	2,791	2,791	-0,00020	-0,0070%
Komatsu 830	\$ 766.614.225	274.677.534,2	2,791	2,791	-0,00004	-0,0014%
Caterpillar 797	\$ 766.604.922	274.672.865,9	2,791	2,791	-0,00003	-0,0009%
Caterpillar 793	\$ 766.605.331	274.671.978,6	2,791	2,791	-0,00002	-0,001%

En las tablas 6.19 y 6.20 se observa el cambio en el costo mina que provocaría la variación de las toneladas transportadas y el gasto de la mina. Esta variación es baja pero generaría grandes cambios en los ingresos de la compañía debido a la gran cantidad mineral transportado.

6.5.1.5 Efecto económico

Se evaluará el efecto económico anual que determinará si es que las alternativas a implementar generarían un ahorro o un gasto anualmente producto de la variación en el tiempo de cambio, el efecto económico está determinado por la variación en el costo por tonelada transportada.

El efecto económico se calculará con la siguiente fórmula:

$$\text{Efecto económico [US\$]} = \text{Nueva proyección ton. transportadas [ton]} * \Delta \text{ costo mina [US\$/ton]}$$

Tabla 6.21 Efecto económico si se implementara el sistema FMA extractor de tuercas.

Flota	Nueva proyección [ton]	Δ Costo mina [US\$/ton]	Efecto económico [US\$]
Komatsu 930	274.592.012	0,000484	\$ 132.823
Caterpillar 797	274.662.725	0,000053	\$ 14.455
Caterpillar 793	274.668.021	0,000008	\$ 2.221
			\$ 149.499

Tabla 6.22 Efecto económico si se implementara el sistema MAR Automatic Wheel change.

Flota	Nueva proyección [ton]	Δ Costo mina [US\$/ton]	Efecto económico [US\$]
Komatsu 930	274.700.722,6	-0,00019540	-\$ 53.676
Komatsu 830	274.677.534,2	-0,00003922	-\$ 10.773
Caterpillar 797	274.672.865,9	-0,00002565	-\$ 7.046
Caterpillar 793	274.671.978,6	-0,00001515	-\$ 4.161
			-\$ 75.657

Lo que indican las tablas 6.21 y 6.22, es que existiría una pérdida de US\$ 149.999 anualmente si es que se implementara el sistema extractor, y un ahorro de US\$ 75.657 anualmente si se implementara el sistema automatic Wheel change.

6.5.2 Efecto en el MTTR , MTBF, y disponibilidad

Se evaluará el efecto que provocaría una variación del cambio de ruedas en el tiempo promedio para reparar (MTTR), en el tiempo promedio entre fallas (MTBF), y en la disponibilidad.

6.5.2.1 Efecto en el MTTR

El efecto que produciría la implementación de las diferentes alternativas ocurre debido a que el tiempo de reparación aumenta o disminuye. Debido a que el número de fallas se mantendría constante, la variación será directamente proporcional a la variación de las horas de reparación.

Tabla 6.23 Variación en el MTTR si se implementara el sistema FMA extractor de tuercas.

Flota	Δ Cambio de rueda anual [hrs]	Horas de detención por reparación anual [hrs]	Δ MTTR
Komatsu 930	215,9	105.794,3	0,20%
Cat 797	12,8	13.171,2	0,10%
Cat 793	6,8	13.628,92	0,05%

Tabla 6.24 Variación en el MTTR si se implementara el sistema M.A.R.

Flota	Δ Cambio de rueda anual [hrs]	Horas de detención por reparación anual [hrs]	Δ MTTR
Komatsu 930	-85,1	105.794,3	-0,08%
Komatsu 830	-32,0	55.546,4	-0,06%
Cat 797	-5,1	13.171,2	-0,04%
Cat 793	-6,8	13.628,9	-0,05%

En las tablas 6.23 y 6.24 se observa la variación por flota en el MTTR por efecto de la implementación de los sistemas.

6.5.2.2 Efecto en el MTBF

Una variación en el tiempo de cambio provocaría una variación en el tiempo disponible. Manteniéndose el número de fallas constantes, la variación del MTBF será directamente proporcional a la variación del tiempo disponible.

Tabla 6.25 Variación en el MTBF si se implementara el sistema FMA extractor de tuercas.

Flota	Δ Tiempo disponible por cambio de rueda anual[hrs]	Horas disponibles al año [hrs]	Δ MTBF
Komatsu 930	-215,9	47.7783,5	-0,05%
Cat 797	-12,8	33.933,7	-0,04%
Cat 793	-6,8	21.787,8	-0,03%

Tabla 6.26 Variación en el MTBF si se implementara el sistema M.A.R.

Flota	Δ Tiempo disponible por cambio de rueda anual[hrs]	Horas disponibles al año [hrs]	Δ MTBF
Komatsu 930	85,1	477.783,5	0,02%
Komatsu 830	31,977	232.927,9	0,01%
Cat 797	5,1	33.933,7	0,01%
Cat 793	6,8	21.787,8	0,03%

En las tablas 6.25 y 6.26 se observa la variación en el MTBF por flota. Si se implementara el sistema extractor de tuercas existirá una disminución de este indicador debido a la disminución de las horas disponibles, lo contrario ocurre con el sistema automatic wheel change.

6.5.2.3 Efecto en la disponibilidad

El efecto en la disponibilidad será igual a la variación del MTBF, ya que es el único parámetro que variaría para el cálculo de la disponibilidad.

6.6 EVALUACIÓN ECONÓMICA.

Se realizará una evaluación económica de las alternativas utilizando el costo anual uniforme equivalente, se considera una tasa de 15% para efectos de cálculo. En la tabla 6.27 se indican todas las variables para realizar la evaluación.

Tabla 6.27 Costos por alternativa.

Alternativa	Costo implementación [US\$]	Costo Mantenimiento Anual [US\$]	Valor de salvamento [US\$]	Vida útil [años]	Costo anual de operación [US\$]
MAR AWC	\$ 1.687.000	\$ 20.000	\$ 50.000	10	-\$ 55.657
FMA ex. Tuercas	\$ 205.000	\$ 4.000	\$ 6.000	10	\$ 153.499
Cámara FMA	\$ 43.000	\$ 400	\$ 2.000	5	\$ 400
Cámara SATTEL	\$ 21.700	\$ 100	\$ 1.000	5	\$ 100

Tabla 6.28 Costo anual uniforme equivalente por alternativa.

Alternativa	CAUE [US\$]
MAR AWC	\$ 278.019
FMA ex. tuercas	\$ 194.051
Cámara FMA	\$ 12.931
Cámara SATTEL	\$ 6.425
FMA ex. tuercas + Cámara FMA	\$ 206.981
FMA ex. tuercas + Cámara SATTEL	\$ 200.476

En la tabla 6.28 se observan los resultados de la evaluación económica de las alternativas. El sistema automatic wheel change es el que mayor costo tiene debido a su alto costo de implementación.

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

7.1 CONCLUSIONES

De todas las alternativas disponibles en el mercado, ninguna de estas tiene la capacidad de realizar en forma automatizada la totalidad de las tareas correspondientes al cambio de ruedas, sin embargo si logran cumplir con el objetivo que es disminuir o eliminar la intervención entre el equipo manipulador y la rueda.

Debido a que en la compañía existe una flota de camiones de diversas marcas y modelos y que cada una de estas presenta requerimientos técnicos y procedimientos diferentes se dificulta la búsqueda de una solución que sea capaz de cubrir en su totalidad las necesidades que cada tipo de camión requiere.

La limitación de los equipos evaluados son varias, el sistema M.A.R automatic wheel change no tiene la capacidad de aplicar torque necesario a las flotas Cat 797 y Komatsu 930, el sistema FMA extractor de tuercas no es compatible con la flota Komatsu 830, y las cámaras de video no tienen la capacidad para guiar el montaje de las ruedas traseras interiores.

Los equipos manipuladores y las instalaciones del taller de neumáticos son totalmente compatibles con las diferentes alternativas analizadas, los equipos manipuladores tienen en su cabina el espacio necesario para la instalación de los monitores y comandos cuentan con un sistema hidráulico y eléctrico para poder alimentar a cualquier sistema que se le quiera anexar, el taller de neumáticos cuenta con alimentación eléctrica iluminación y superficies uniformes para la operación de cualquier equipo.

En relación a las diferentes alternativas analizadas la que mejor cumpliría con disminuir los riesgos para la realización de la tarea es el sistema M.A.R automatic wheel change, el cual elimina por completo la intervención de personas entre el equipo manipulador y la rueda, además disminuye en un 45% el uso de herramientas neumáticas manuales lo que genera una disminución en el riesgo. El sistema de cambio de tuercas FMA y los sistemas de cámaras solo disminuyen la intervención entre en el equipo manipulador y la rueda en un 45% cada uno, lo que provoca que aun

implementados el riesgo antes de los controles continúe en un nivel crítico, sin embargo el complemento de ambos disminuye considerablemente el nivel de riesgo.

Con respecto al tiempo de cambio de ruedas, la alternativa M.A.R automatic wheel change, es la única con la capacidad de reducir el tiempo de cambio de las alternativas mejorando en un 20% el tiempo para la instalación y desinstalación de tuercas y en un 30% la aplicación de torque.

El sistema extractor de tuercas aumenta en un 300% el tiempo para el montaje y desmontaje de las tuercas que aseguran la rueda a la masa. Los sistemas de cámara no generan variación en el tiempo de cambio.

La variación en el tiempo de cambio produce efectos en los ingresos de la compañía y en los indicadores del mantenimiento, la alternativa automatic wheel change produce un aumento de los ingresos anuales por US\$ 75.657 y un aumento del MTTR y disponibilidad de hasta 0,03% y una disminución del MTBF de hasta 0,08%, el sistema extractor de tuercas genera pérdidas anuales por US\$ 149.99 y produce una disminución del MTTR y disponibilidad de hasta 0,05% y un aumento del MTBF de hasta 0,1%.

La alternativa que entrega un mayor costo beneficio es la combinación del FMA sistema extractor de tuercas con un sistema de cámaras. El conjunto de estas alternativas no elimina el riesgo en su totalidad pero genera una baja considerable de su nivel a un costo menor que la alternativa automatic Wheel change.

Pese a que el sistema automatic wheel change tiene los mejores resultados en cuanto a seguridad, su costo de implementación es muy superior a las demás alternativas lo que genera que en la evaluación económica sea la de mayores costos, sin embargo, en vista de la proyección que tiene la compañía que considera un aumento de la flota de camiones, su costo anual equivalente iría disminuyendo notoriamente, al contrario de lo que ocurre con el sistema extractor de tuercas.

7.2 RECOMENDACIONES

Como resultado del estudio realizado, se recomiendan acciones referentes al actuar del personal que realiza tareas en el taller de neumáticos. Es primordial que exista una capacitación del personal encargado del mantenimiento en terreno con el fin de obtener reparaciones de calidad y en tiempos prudentes cada una de las tareas a realizar en el equipo. Esta acción es de suma importancia ya que todo el trabajo realizado hasta aquí carece de valor si el personal no es capaz de conocer y realizar acciones tan básicas como las medidas de control y seguridad.

En cuanto a la implementación de los equipos se recomienda instalar como mínimo un sistema de cámara para guiar el montaje de las ruedas, a la espera de la evolución y desarrollo de nuevos equipos que sean totalmente compatibles con las flotas de camiones que hay en la compañía y que permitan automatizar procesos más allá del cambio de ruedas, con el fin de prescindir de parte del personal que trabaja en el área y disminuir los riesgos y el tiempo asociado a la realización del proceso.

8 BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS.

1. Revista Scientia et Technica Año XII, Universidad Tecnológica de Pereira Mayo de 2006.
2. El arte de mantener Rodrigo pascual 2005.
- 3 Shop manual Komatsu 930E-4SE.
4. Shop manual Komatsu 830E.
5. Gestión de riesgo del negocio, Collahuasi.
6. Cotizaciones entregadas por las empresas FMA, M.A.R y Sattell.
7. Catalogo de llantas SGOR, TOPY Industries Inc.
8. Documentos otorgados por Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi.

ANEXOS

ANEXO N° 1:
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
DE CAMIONES DE EXTRACCIÓN.

Flota Komatsu 930



Características técnicas

Motor

Marca y modelo:.....Komatsu SSDA18V170
 Combustible:Diesel
 Numero de cilindros:.....18
 Potencia bruta:3500 HP @ 1900 rpm
 Potencia al volante de inercia:3429 HP @ 1900 rpm

Accionamiento eléctrico (AC)

Alternador:.....GTA-39
 Doble ventilador:.....453 m³/min 16,000 cfm
 Sistema de control:.....AC Torque Control System
 Motores de tracción:.....GDY106 AC Induction Traction Motors
 Velocidad máxima:.....64.5 km/h 40 mph

Llantas y neumáticos

Llantas.....36"x63"x5"

Neumáticos..... 53/80 R63

Tolva

Hoja de Piso:16 mm 0.63" 1379 MPa 200.000 psi

Hoja frontal:.....9 mm 0.35" 1379 MPa 200.000 psi

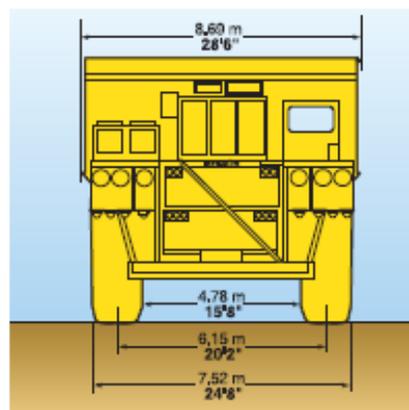
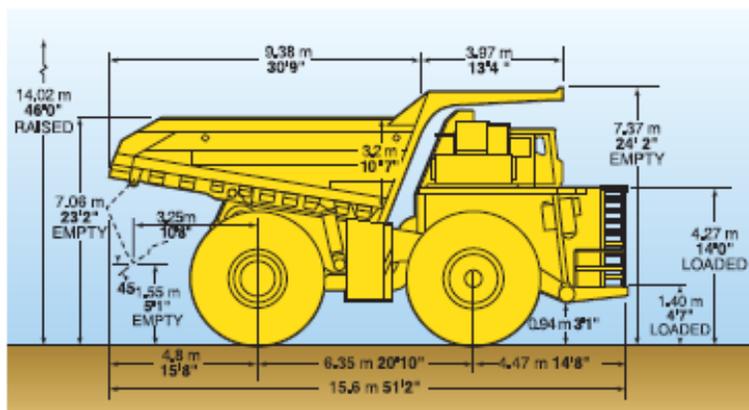
Hoja lateral.....8 mm 0.31" 1379 MPa 200.000 psi

Norma SAE colmada 2:1.....211 m³ 276 yd³

Peso de la tolva:.....30,362 kg 66,936 libras

Carga máxima:..... 290.000 kg (320 toneladas cortas)

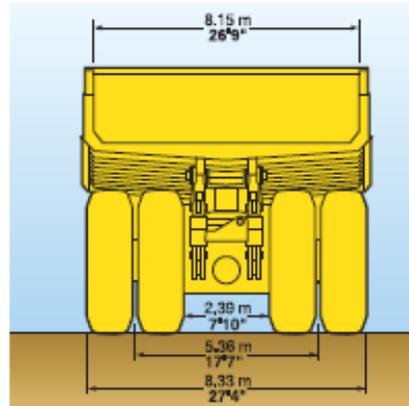
Dimensiones generales



All dimensions are with 218 m³ 285 yd³ body (optional body).

Bodies	Struck	2:1 Heap	*Loading Height
Standard	171 m ³ 224 yd ³	211 m ³ 276 yd ³	7.06 m 23'2"

* Exact load height may vary due to tire make, type, and inflation pressure.



Flota Komatsu 830



Características técnicas

Motor

Marca y modelo:.....Komatsu SDA16V160
 Combustible:Diesel
 Numero de cilindros:.....16
 Potencia bruta:2500 HP @ 1900 rpm
 Potencia al volante de inercia:2360 HP @ 1900 rpm

Accionamiento eléctrico (AC)

Alternador:.....GTA-41
 Doble ventilador:.....255 m³/min 16,000 cfm
 Sistema de control:.....AC Torque Control System
 Motores de tracción:.....GEB25 AC Induction Traction Motors
 Velocidad máxima:.....64 km/h 40 mph

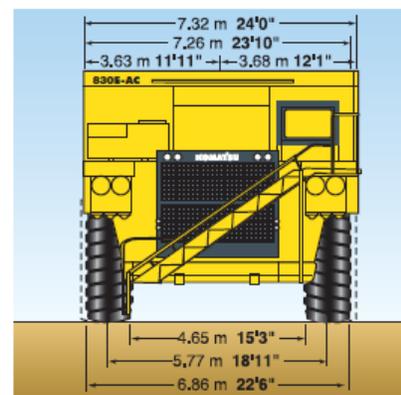
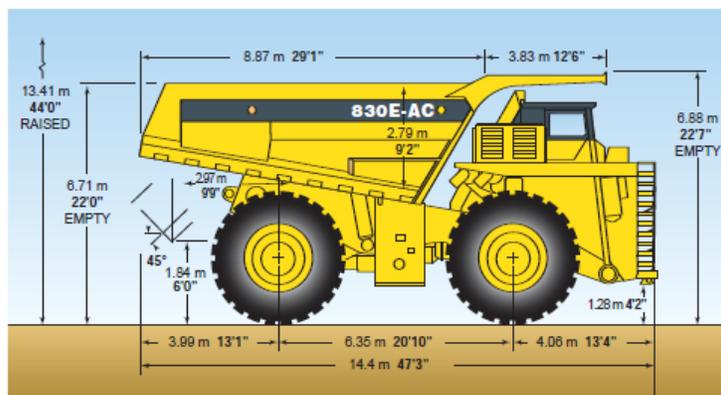
Llantas y neumáticos

Llantas.....29"x57"x6"
 Neumáticos.....46/90 R57

Tolva

Hoja de Piso:19 mm 0.75" 1379 MPa 200.000 psi
 Hoja frontal:.....12 mm 0.47" 1379 MPa 200.000 psi
 Hoja lateral.....8 mm 0.31" 1379 MPa 200.000 psi
 Norma SAE colmada 2:1.....147 m³ 193 yd³
 Peso de la tolva:..... 27669 kg 61,000 lbs
 Carga máxima:..... 217.000 kg (240 toneladas cortas)

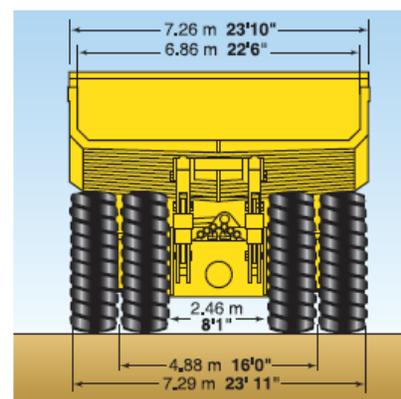
Dimensiones generales



All dimensions are with 147 m³ 193 yd³ body.

Body	Struck	2:1 Heap	Loading Height*
Standard	117 m ³ 153 yd ³	147 m ³ 193 yd ³	6.71 m 22'

* Exact load may vary due to tire make, type and inflation pressure.



Flota Caterpillar 793



Características técnicas

Motor

Marca y modelo:..... Cat C175-16
 Combustible:Diesel
 Numero de cilindros:.....16
 Potencia bruta:1976 kW
 Potencia al volante de inercia:1848 kW

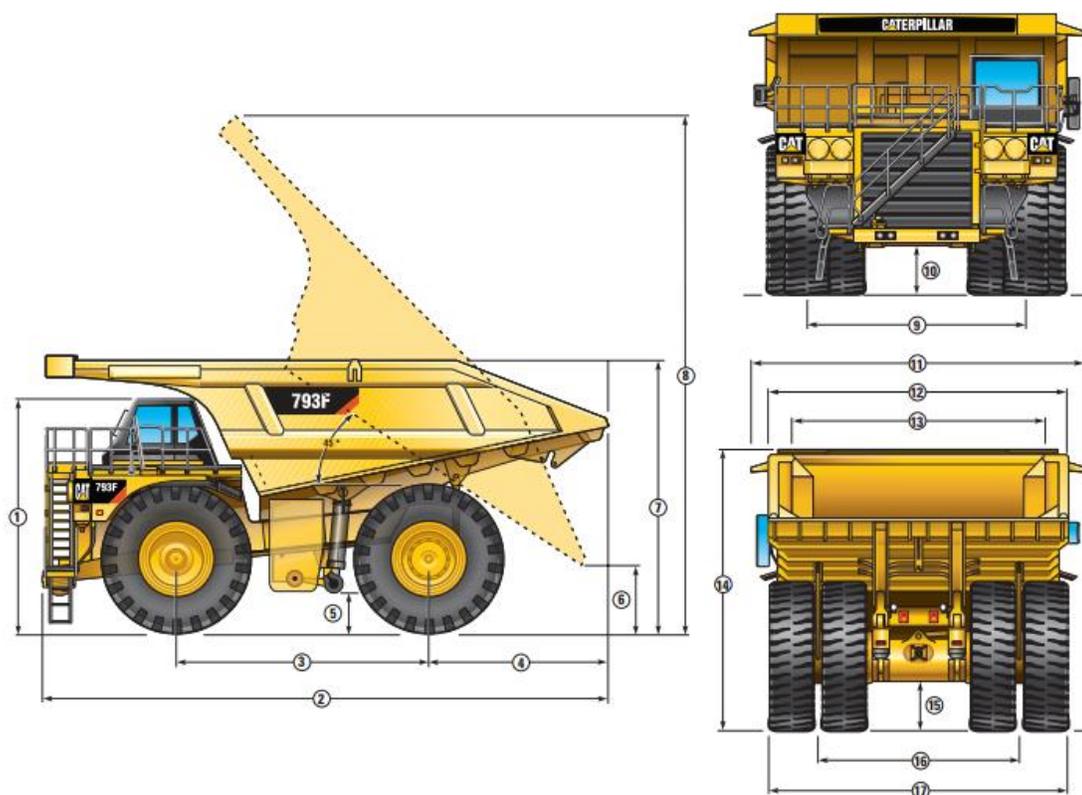
Llantas y neumáticos

Llantas.....29"x57
 Neumáticos.....R57

Tolva

Carga máxima:..... 217.000 kg (240 toneladas cortas)

Dimensiones generales



1 Height to Top of ROPS	5597 mm	18 ft 4 in
2 Overall Length	13 702 mm	44 ft 11 in
3 Wheelbase	5905 mm	19 ft 5 in
4 Rear Axle to Tail	4257 mm	13 ft 11 in
5 Ground Clearance	990 mm	3 ft 3 in
6 Dump Clearance	1301 mm	4 ft 3 in
7 Loading Height – Empty	6533 mm	21 ft 5 in
8 Overall Height – Body Raised	13 878 mm	45 ft 6 in
9 Centerline Front Tire Width	5630 mm	18 ft 6 in
10 Engine Guard Clearance	1217 mm	4 ft 0 in
11 Overall Canopy Width	8295 mm	27 ft 3 in
12 Outside Body Width	7626 mm	25 ft 0 in
13 Inside Body Width	6946 mm	22 ft 9 in
14 Front Canopy Height	6603 mm	21 ft 8 in
15 Rear Axle Clearance	1006 mm	3 ft 4 in
16 Centerline Rear Dual Tire Width	4963 mm	16 ft 3 in
17 Overall Tire Width	7605 mm	24 ft 11 in

Flota Caterpillar 797



Características técnicas

Motor

Marca y modelo: Cat C175-20
 Combustible: Diesel
 Numero de cilindros: 20
 Potencia bruta: 2983 kW
 Potencia al volante de inercia: 2828 kW

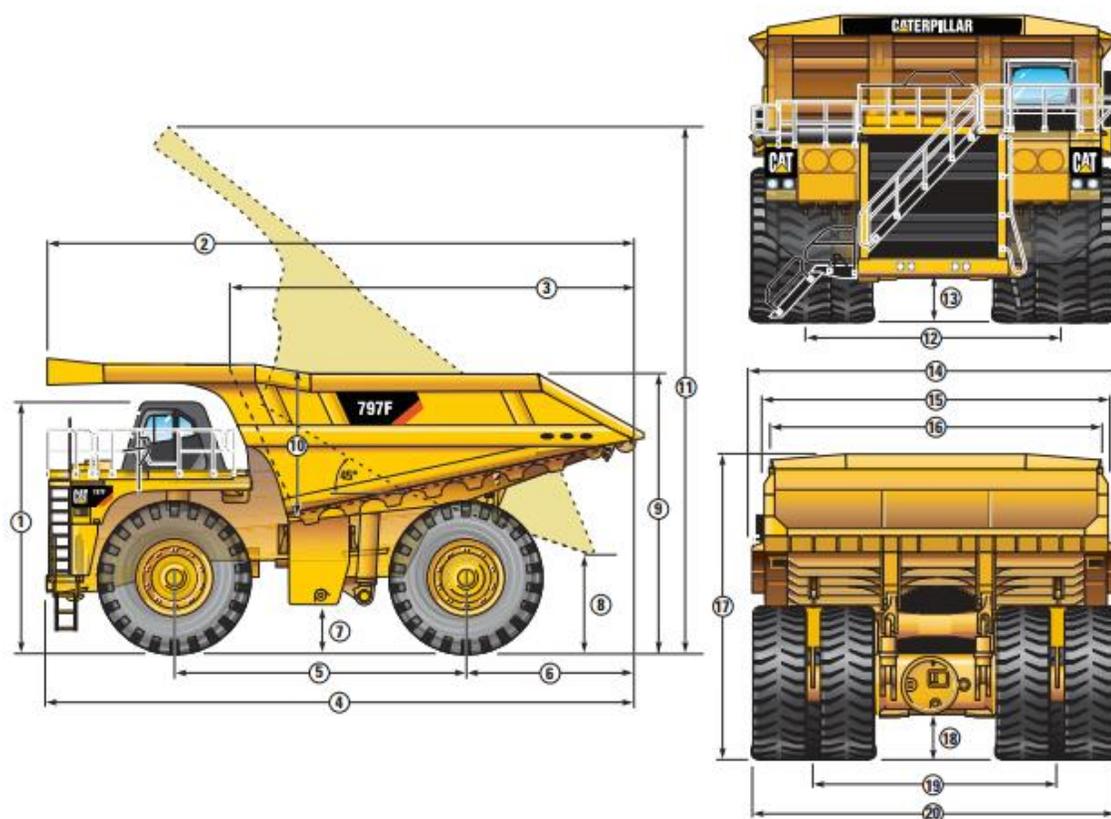
Llantas y neumáticos

Llantas 41"x63"
 Neumáticos R63

Tolva

Carga máxima: 363.000 kg (400 toneladas cortas)

Dimensiones generales



1 Height to Top of ROPS – Empty	6526 mm	21 ft 5 in
2 Overall Body Length	14 802 mm	48 ft 7 in
3 Inside Body Length	9976 mm	32 ft 9 in
4 Overall Length	15 080 mm	49 ft 6 in
5 Wheelbase	7195 mm	23 ft 7 in
6 Rear Axle to Tail	3944 mm	12 ft 11 in
7 Loaded Ground Clearance	786 mm	2 ft 7 in
8 Dump Clearance	2017 mm	6 ft 7 in
9 Loading Height – Empty	6998 mm	23 ft 0 in
10 Inside Body Depth – Maximum	3363 mm	11 ft 0 in
11 Overall Height – Body Raised	15 701 mm	51 ft 6 in
12 Centerline Front Tire Width	6534 mm	21 ft 5 in
13 Engine Guard Clearance – Loaded	1025 mm	3 ft 4 in
14 Outside Body Width	9755 mm	32 ft 0 in
15 Overall Canopy Width	9116 mm	29 ft 11 in
16 Inside Body Width	8513 mm	27 ft 11 in
17 Front Canopy Height – Empty	7709 mm	25 ft 4 in
18 Rear Axle Clearance – Loaded	947 mm	3 ft 1 in
19 Centerline Rear Dual Tire Width	6233 mm	20 ft 5 in
20 Overall Tire Width	9529 mm	31 ft 3 in

ANEXO N° 2
ESTÁNDAR DE PREVENCIÓN DE
FATALIDADES N°4

Requisitos del EPF	Evidencia Objetiva
El equipo móvil de superficie debe tener las siguientes especificaciones mínimas de seguridad:	<ul style="list-style-type: none"> • Inventario de vehículos de su área de responsabilidad (listado debe considerar todos los datos de los vehículos, patente, número interno) • Aplicar anexo 1 al final de este documento
1.1 Cinturones de Seguridad adecuados para todos sus ocupantes	<ul style="list-style-type: none"> • Cinturones de 3 puntas
1.2 Iluminación adecuada (ejemplo: faroles delanteros altas y bajas, luces traseras, intermitentes de giro y de emergencia, luces de freno) estroboscópicas.	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de luces básico exigido para vehículos (luces altas, bajas, intermitentes, freno) • Luces estroboscópicas
1.3 Punto de bloqueo/aislamiento identificado del equipo de acuerdo con el Estándar de Aislamiento.	<ul style="list-style-type: none"> • TAG (s), que permita identificar en el equipo los sistemas de desenergización de las fuentes de energía del vehículo y sus dispositivos para bloquear dichas fuentes
1.4 Vías de accesos a los equipos, pasos adecuados, barandas, escalones y facilidades de abordaje, incluyendo vías alternativas de escape para casos de emergencia.	<ul style="list-style-type: none"> • Vías de acceso (principales y de emergencia) debidamente identificadas en el equipo
1.5 Tecnología de ayuda para prevenir colisiones.	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas, equipos, planes u otros que permitan prevenir colisiones de equipos
1.6 Alarmas de marcha atrás.	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma de retroceso sonora y visual.
1.7 Uso de cuñas de acuerdo al tamaño del equipo móvil de superficie con neumáticos.	<ul style="list-style-type: none"> • Todo equipo móvil montado sobre neumáticos, debe contar con 2 cuñas, de acuerdo al diámetro del neumático
1.8 Bocina de 85 decibeles a 15 metros de distancia.	<ul style="list-style-type: none"> • La bocina deberá emitir 85 decibeles, y estar en funcionamiento en todo momento.
1.9 Limpia-parabrisas efectivos.	<ul style="list-style-type: none"> • El limpiaparabrisas debe estar en funcionamiento en todo momento.
1.10 Protección efectiva en partes móviles accesibles (consistente con el Estándar para Protecciones de Equipos).	<ul style="list-style-type: none"> • Listado de partes móviles del equipo • Protecciones instaladas en todas las partes móviles con riesgo de atrapamiento
1.11 Números de tamaño visible a distancia en los equipos que permitan una clara y fácil identificación.	<ul style="list-style-type: none"> • Placas de identificación, de acuerdo a lo indicado en el reglamento de carguío y transporte.
1.12 Sistemas de seguridad, bloqueo o advertencia para impedir la operación no autorizada del equipo, ejemplo bloqueo asignado por el supervisor, sistema de Dispatch en el caso de la mina.	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de control de uso del equipo (incluye autorizaciones)
1.13 Cabinas cerradas y herméticas, considerando requerimientos de supresión de polvo y ruido de acuerdo a las normas Chilenas de material particulado, además los parabrisas deben contar con un protector adecuado (ejemplo: vidrio reforzado, laminado).	<ul style="list-style-type: none"> • Cabinas de vehículo herméticas • Vidrios laminados
Las siguientes especificaciones deben ser consideradas en los equipos móviles de superficie, salvo en aquellos casos que no sea compatible con el equipo, lo que en este caso debe llevar una evaluación de riesgo rigurosa y su mitigación.	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicar anexo 2 al final de este documento
2.1. Protección aprobada o certificada contra vuelco (ROP). En el caso de equipos de construcción realizar una evaluación de mitigación del riesgo de vuelco.	<ul style="list-style-type: none"> • Protección certificada por el fabricante o por el instalador
2.2. Frenos de doble protección.	<ul style="list-style-type: none"> • Frenos de doble protección
2.3. Un sistema de detección y supresión de incendio capaz de ser activado tanto desde el piso como en la cabina.	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de supresión de activación dual (cabina y piso) operativo
2.4. Radio bi-direccional (no sostenida en la mano) u otras formas de comunicación.	<ul style="list-style-type: none"> • Radiotransmisor base instalado en el equipo
2.5. Protección contra caída de objetos (FOP).	<ul style="list-style-type: none"> • Protección certificada por el fabricante o por el

	instalador
2.6. Un método para llevar o sacar suministros y objetos de uso personal hasta la cabina del operador (ejemplo: mochila, bolsa de hombro) para permitir a los conductores mantener tres puntos de contacto permanente al ascender o descender del equipo.	<ul style="list-style-type: none"> • Dispositivos de manejo de objetos (mochilas, morrales, bolsos), que permita al operador mantener siempre 3 puntos de apoyo
2.7. Señales o alarmas que permitan advertir o verificar bloqueos, fallos, etc., para ser usados al trabajar en la máquina.	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de identificación y alarma de fallas en el equipo
Se debe tener un área de gestión de seguridad, donde se realicen la ingeniería y la factibilidad para determinar el uso de nuevas tecnologías para la operación segura de los equipos.	<ul style="list-style-type: none"> • Listado de personal de gestión de seguridad para equipos móviles • Informe de factibilidad para el uso de tecnologías de operación segura de los equipos
Debe haber programas de diseño, mantenimiento e inspección para todas las tecnologías implementadas en los equipos. Ej.: CAS-CAM/RF en camiones de extracción, sistema alerta sueño, etc.)	<ul style="list-style-type: none"> • Programa de inspección y mantenimiento de componentes y equipos de tecnologías de seguridad incorporadas en los equipos.
Debe haber programas de mantenimiento de caminos y protecciones como barreras, bermas, pretiles, señalética.	<ul style="list-style-type: none"> • Programa de mantenimiento de caminos (incluye estado, construcción y reparación de barreras, bermas, pretiles, señaléticas, control de polvo, control de heladas)
Debe haber programas, evaluaciones de riesgos y difusión cada vez que se modifiquen, eliminen o se agreguen nuevos caminos o se realicen cambios de tráfico.	<ul style="list-style-type: none"> • Programa de actualización de rutas (Gerencia Técnica y Gerencia de minas)Administración del cambio • Registros de difusión de cambios y/o modificaciones de rutas (operadores, mantenedores, ESED que les sea aplicable)
Debe haber sistemas de controles que impidan que los vehículos y personas no autorizadas hagan ingreso a áreas como excavaciones, zonas de descarga, de construcción, de mantenimiento, etc.	<p>Aplicar reglamento de carguío y transporte.</p> <p>Aplicar ART en las tareas que lo requieran:</p> <p>Entonces en el ART se deberá establecer la verificación periódica, (responsable/frecuencia) de señalética y demás controles (barreras, conos, cintas) en buen estado.</p>
El diseño de las cabinas debe contar con la ergonomía necesaria tanto de asientos como controles del operador, distribución de dispositivos agregados de tal forma que no impida una correcta operación del equipo.	<ul style="list-style-type: none"> • Equipos nuevos: Registro de evaluación ergonómica de cabinas, aplicando procedimiento "CEO-PCE-0015" "Administración del Cambio" • Equipos existentes: Registro de evaluación ergonómica, utilizando formulario de anexo 2 de este EPF
Las flotas deben estar estandarizadas con planos en cuanto a la distribución de los dispositivos para minimizar errores cometidos por operadores al cambiar de máquina o al instalar estas tecnologías no se cometan errores que afecten la funcionalidad del camión.	<ul style="list-style-type: none"> • Equipos nuevos y existentes: <ol style="list-style-type: none"> 1- Planos actualizados de los equipos y sus comandos. 2- Registro de instrucción teórico-práctico al personal de las características de los equipos y sus comandos.
Los cinturones de seguridad deben ser usados por todos los ocupantes.	<ul style="list-style-type: none"> • Cinturón de 3 puntas para todos los asientos. Cualquier excepción debe ser justificada y autorizada (ver Anexo 2)
Debe haber un proceso formal de selección y recepción del o los equipos móviles de superficie, que trabajarán en la faena Collahuasi en base a las exigencias del estándar de prevención de fatalidades y realizar las modificaciones o estudios de análisis de riesgos antes de comenzar a operar en faena.	<ul style="list-style-type: none"> • Equipos nuevos: Registro de evaluación y cumplimiento de todos los requisitos de este EPF. • Equipos existentes: <ul style="list-style-type: none"> - Registro de evaluación de cumplimiento de requisitos 1, 2, 8 y 9, - Identificación del equipos, - Fecha de ingreso, - Fecha de última inspección, como mínimo.

<p>La selección de equipo, o cualquier modificación que se realice al equipo, debe ser sometida a un proceso de administración del cambio, aprobado y certificado.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Equipos nuevos y existentes: Registro de aplicación según procedimiento "CEO-PCE-0015 Administración del Cambio"
<p>Debe haber un procedimiento y una lista de verificación, incluyendo una prueba de funcionamiento de frenos, como parte de una inspección pre-operacional por parte del operador. Los registros deben mantenerse en el equipo (uso de bitácora) y deben ser auditados.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Programa mensual de estado de equipos. • Registro en bitácora de verificación de estado del equipo antes de su uso por parte del operador.
<p>Debe haber procedimientos o instructivos para asegurar que los vehículos no sean sobrecargados o sobre-exigidos más allá de sus límites indicados por fabrica.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Procedimiento para el carguío seguro de los equipos, definiendo los límites máximos de carga y tolerancia • Para vehículos de extracción de la Mina, registros de verificación mensual de carga.
<p>Debe haber procedimientos para asegurar que el equipo móvil de superficie opere solamente en superficies suficientemente estables y sobre pendientes que están dentro de los límites de su operación segura.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Procedimiento para la operación de equipos móviles de superficie, debe establecer en su contenido: <ul style="list-style-type: none"> - Características técnicas de caminos (ancho mínimo, pendientes máximas de caminos, nivel de compactación o resistencia
<p>Se debe realizar después de cada mantenimiento programado o una avería, una prueba del funcionamiento del equipo y sus sistemas antes de ser entregado a operación y dejar la constancia en la bitácora del equipo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • En caso de mantenimientos programados o averías, se debe registrar en bitácora del equipo como mínimo: <ul style="list-style-type: none"> - Fecha de intervención realizada al equipo - Tipo de mantenimiento o intervención - Constancia de pruebas realizadas de funcionamiento - Persona responsable que realiza la verificación
<p>Se deben realizar las ART como parte del proceso de planificación de las operaciones de equipo móvil de superficie no rutinarias, incluyendo mantenimiento y otras actividades.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Registro de ART para la operación y mantención de los equipos
<p>Debe haber un adecuado mantenimiento, control de polvo y planes de manejo de agua para caminos, tanto en minería como en operaciones de transporte de carga. Se deberá tomar en consideración climas con lluvia excesiva y congelamiento de los caminos. Se debe considerar el uso de supresores de polvo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Programa de mantención de caminos (incluye estado, construcción y reparación de barreras, bermas, pretilas, señaléticas, control de polvo, control de heladas)
<p>Los Estándares de los estacionamientos deben incluir sistemas que permitan la inmovilización del equipo móvil de superficie (cuñas o el uso de zanjas) sin olvidar los casos de detención por mantenimiento en caso de averías.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Plan de tráfico para equipos móviles de superficie (incluye señalética, estacionamientos aculados, uso de cuñas o zanjas)
<p>Debe haber un programa de Mantenimiento e inspección del equipo móvil de superficie, incluyendo equipos, componentes críticos y chequeos de tecnologías agregadas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Programa de mantención de equipos móviles de superficie.

<p>Debe haber un plan de gestión de tráfico de las faenas incluyendo, pero no limitado a:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Segregación de peatones, vehículos livianos y equipo móvil pesado, donde sea posible. 2. Instalar las señaléticas claras en los sitios donde indiquen que los peatones deben dar prioridad a los vehículos o viceversa. 3. Sistemas para alertar a los operadores de equipo móvil respecto de la presencia de peatones. 4. Establecer límites de velocidad adecuados instalando y manteniendo las señales viales. 5. Reglas sobre el derecho de paso (incluyendo restricciones respecto de adelantamiento). 6. Planificación de acceso en áreas identificadas como peligrosas con riesgos importantes asociados. 7. Sistemas para controlar el movimiento de equipo móvil en áreas accesibles a los peatones, de entrada y salida de talleres, y controles respecto al movimiento de peatones y vehículos livianos alrededor de equipo móvil. 8. Zonas de aparcamiento designadas para vehículos pesados y vehículos livianos, incluyendo áreas de mantenimiento. 9. Procedimiento o instructivo para el control de acercamiento, recarga de combustible, aparcamiento, subida o bajada del equipo y aislamiento para personal de producción, mantenimiento y otros peatones. 10. Instrucciones claras indicando que los operadores o conductores deben estar fuera de la cabina y en el piso cuando su participación directa en el mantenimiento o la reparación no sea requerida. 11. Directrices sobre condiciones anormales de caminos (ejemplo: lluvia, nieve, vientos fuertes) indicando criterios de "parar/no parar" e indicando cual es la persona responsable de esta decisión. 12. Claros procedimientos de comunicación para interacción entre vehículos. 13. Procedimientos de carga y descarga de camiones para evitar la caída de material u objetos del vehículo. 14. Directrices sobre cargas anchas o anormales, incluyendo transporte fuera de la faena. 15. Sistemas para controlar el paso de equipos cerca de cables aéreos con energía eléctrica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Plan de tráfico para equipos móviles de superficie. • Registro de capacitación al personal sobre el Reglamento Interno de Tránsito.
<p>Deben existir procedimientos o instructivos para proporcionar detalles de las tareas de mantenimiento que un operador puede realizar, y de las operaciones que el personal de mantenimiento puede llevar a cabo bajo condiciones de prueba.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Procedimiento para la operación de equipos móviles de superficie • Registro de capacitación del procedimiento al personal de operaciones. • Procedimiento para mantención de equipos móviles de superficie • Registro de capacitación del procedimiento al personal de mantenimiento • Procedimiento para ejecución de pruebas de funcionamiento de equipos móviles de superficie • Registro de capacitación del procedimiento al personal de mantenimiento
<p>Debe haber un sistema de gestión de neumáticos para afrontar emergencias que incluyan incendio, calentamiento, explosión, contacto eléctrico, separaciones, mantenimiento, recambio de neumáticos, etc.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Procedimiento para el manejo de neumáticos • Registro de capacitación del procedimiento

<p>Los teléfonos celulares, sean “manos libres” o no, solamente podrán ser usados por el conductor cuando el vehículo esté detenido y en un lugar seguro.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Registro de instrucción al personal sobre esta obligación, descrita en el REGLAMENTO INTERNO DE TRANSITO PARA LA MINA.
<p>Cada equipo debe tener una bitácora donde se registren las novedades relevantes en cuanto a funcionamiento del equipo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Bitácora del equipo. (debe registrarse actividades de inspección, mantención, novedades relevantes)
<p>Los procesos de reclutamiento y de inducción de operadores de equipos móviles de superficie deben tomar en cuenta la historia laboral, pruebas en el sitio de trabajo y exámenes médicos exhaustivos. Debe haber una política de control y drogas (incluyendo medicamentos prescritos) para todo el personal que trabaja en las instalaciones de Collahuasi que confirmen la aptitud y actitud para el trabajo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Descriptor de cursos para operación según tipo de equipos móviles de superficie. • Documentación señalada en punto 6.1 de Reglamento de Tránsito Interno. • Cumplimiento de requisitos establecidos en “Procedimiento requisitos exámenes psicosenotécnicos” • Cumplimiento de requisitos establecidos en “Procedimiento de programa de evaluación para altura geográfica GSSO-PCO-019”
<p>Antes de comenzar el trabajo en un área nueva debe realizarse una orientación a los operadores sobre los riesgos nuevos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Registro de ART para la operación, evaluando los riesgos potenciales y existentes en la nueva área de trabajo.
<p>Debe haber un sistema de licencias o certificación interna para asegurar que los conductores son competentes para conducir en la faena, incluyendo la habilidad para responder en situaciones de emergencia. Además, debe haber un sistema para verificar que los operadores de vehículos tienen una licencia de conductor válida ante la legislación Chilena.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Licencia Interna de los operadores al día (debe portarla permanentemente)
<p>Debe haber un sistema para identificar y gestionar la fatiga del conductor.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Registrar en ART a inicio de turno, el estado de descanso del conductor, tomando acciones en caso de que operador presente fatiga o somnolencia
<p>Las observaciones conductuales deben incluir la operación de equipo móvil de superficie. Cualquier necesidad de entrenamiento específico adicional debe incorporar los resultados de estas observaciones.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar Liderazgos visibles orientados a evaluar la operación de equipos móviles de superficie.

ANEXO N° 3
ESTÁNDAR DE PREVENCIÓN DE
FATALIDADES N°2

Requisitos del EPF	Evidencia Objetiva
El equipo móvil de superficie debe tener las siguientes especificaciones mínimas de seguridad:	<ul style="list-style-type: none"> • Inventario de vehículos de su área de responsabilidad (listado debe considerar todos los datos de los vehículos, patente, número interno) • Aplicar anexo 1 al final de este documento
1.1 Cinturones de Seguridad adecuados para todos sus ocupantes	<ul style="list-style-type: none"> • Cinturones de 3 puntas
1.2 Iluminación adecuada (ejemplo: faroles delanteros altas y bajas, luces traseras, intermitentes de giro y de emergencia, luces de freno) estroboscópicas.	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de luces básico exigido para vehículos (luces altas, bajas, intermitentes, freno) • Luces estroboscópicas
1.3 Punto de bloqueo/aislamiento identificado del equipo de acuerdo con el Estándar de Aislamiento.	<ul style="list-style-type: none"> • TAG (s), que permita identificar en el equipo los sistemas de desenergización de las fuentes de energía del vehículo y sus dispositivos para bloquear dichas fuentes
1.4 Vías de accesos a los equipos, pasos adecuados, barandas, escalones y facilidades de abordaje, incluyendo vías alternativas de escape para casos de emergencia.	<ul style="list-style-type: none"> • Vías de acceso (principales y de emergencia) debidamente identificadas en el equipo
1.5 Tecnología de ayuda para prevenir colisiones.	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas, equipos, planes u otros que permitan prevenir colisiones de equipos
1.6 Alarmas de marcha atrás.	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma de retroceso sonora y visual.
1.7 Uso de cuñas de acuerdo al tamaño del equipo móvil de superficie con neumáticos.	<ul style="list-style-type: none"> • Todo equipo móvil montado sobre neumáticos, debe contar con 2 cuñas, de acuerdo al diámetro del neumático
1.8 Bocina de 85 decibeles a 15 metros de distancia.	<ul style="list-style-type: none"> • La bocina deberá emitir 85 decibeles, y estar en funcionamiento en todo momento.
1.9 Limpia-parabrisas efectivos.	<ul style="list-style-type: none"> • El limpiaparabrisas debe estar en funcionamiento en todo momento.
1.10 Protección efectiva en partes móviles accesibles (consistente con el Estándar para Protecciones de Equipos).	<ul style="list-style-type: none"> • Listado de partes móviles del equipo • Protecciones instaladas en todas las partes móviles con riesgo de atrapamiento
1.11 Números de tamaño visible a distancia en los equipos que permitan una clara y fácil identificación.	<ul style="list-style-type: none"> • Placas de identificación, de acuerdo a lo indicado en el reglamento de carguío y transporte.
1.12 Sistemas de seguridad, bloqueo o advertencia para impedir la operación no autorizada del equipo, ejemplo bloqueo asignado por el supervisor, sistema de Dispatch en el caso de la mina.	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de control de uso del equipo (incluye autorizaciones)
1.13 Cabinas cerradas y herméticas, considerando requerimientos de supresión de polvo y ruido de acuerdo a las normas Chilenas de material particulado, además los parabrisas deben contar con un protector adecuado (ejemplo: vidrio reforzado, laminado).	<ul style="list-style-type: none"> • Cabinas de vehículo herméticas • Vidrios laminados
Las siguientes especificaciones deben ser consideradas en los equipos móviles de superficie, salvo en aquellos casos que no sea compatible con el equipo, lo que en este caso debe llevar una evaluación de riesgo rigurosa y su mitigación.	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicar anexo 2 al final de este documento
2.1. Protección aprobada o certificada contra vuelco (ROP). En el caso de equipos de construcción realizar una evaluación de mitigación del riesgo de vuelco.	<ul style="list-style-type: none"> • Protección certificada por el fabricante o por el instalador
2.2. Frenos de doble protección.	<ul style="list-style-type: none"> • Frenos de doble protección
2.3. Un sistema de detección y supresión de incendio capaz de ser activado tanto desde el piso como en la cabina.	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de supresión de activación dual (cabina y piso) operativo
2.4. Radio bi-direccional (no sostenida en la mano) u otras formas de comunicación.	<ul style="list-style-type: none"> • Radiotransmisor base instalado en el equipo

<p>2.5. Protección contra caída de objetos (FOP).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Protección certificada por el fabricante o por el instalador
<p>2.6. Un método para llevar o sacar suministros y objetos de uso personal hasta la cabina del operador (ejemplo: mochila, bolsa de hombro) para permitir a los conductores mantener tres puntos de contacto permanente al ascender o descender del equipo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Dispositivos de manejo de objetos (mochilas, morrales, bolsos), que permita al operador mantener siempre 3 puntos de apoyo
<p>2.7. Señales o alarmas que permitan advertir o verificar bloqueos, fallos, etc., para ser usados al trabajar en la máquina.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de identificación y alarma de fallas en el equipo
<p>Se debe tener un área de gestión de seguridad, donde se realicen la ingeniería y la factibilidad para determinar el uso de nuevas tecnologías para la operación segura de los equipos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Listado de personal de gestión de seguridad para equipos móviles • Informe de factibilidad para el uso de tecnologías de operación segura de los equipos
<p>Debe haber programas de diseño, mantenimiento e inspección para todas las tecnologías implementadas en los equipos. Ej.: CAS-CAM/RF en camiones de extracción, sistema alerta sueño, etc.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Programa de inspección y mantención de componentes y equipos de tecnologías de seguridad incorporadas en los equipos.
<p>Debe haber programas de mantenimiento de caminos y protecciones como barreras, bermas, pretiles, señalética.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Programa de mantención de caminos (incluye estado, construcción y reparación de barreras, bermas, pretiles, señaléticas, control de polvo, control de heladas)
<p>Debe haber programas, evaluaciones de riesgos y difusión cada vez que se modifiquen, eliminen o se agreguen nuevos caminos o se realicen cambios de tráfico.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Programa de actualización de rutas (Gerencia Técnica y Gerencia de minas)Administración del cambio • Registros de difusión de cambios y/o modificaciones de rutas (operadores, mantenedores, ESED que les sea aplicable)
<p>Debe haber sistemas de controles que impidan que los vehículos y personas no autorizadas hagan ingreso a áreas como excavaciones, zonas de descarga, de construcción, de mantenimiento, etc.</p>	<p>Aplicar reglamento de carguío y transporte.</p> <p>Aplicar ART en las tareas que lo requieran:</p> <p>Entonces en el ART se deberá establecer la verificación periódica, (responsable/frecuencia) de señalética y demás controles (barreras, conos, cintas) en buen estado.</p>
<p>El diseño de las cabinas debe contar con la ergonomía necesaria tanto de asientos como controles del operador, distribución de dispositivos agregados de tal forma que no impida una correcta operación del equipo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Equipos nuevos: Registro de evaluación ergonómica de cabinas, aplicando procedimiento "CEO-PCE-0015" "Administración del Cambio" • Equipos existentes: Registro de evaluación ergonómica, utilizando formulario de anexo 2 de este EPF
<p>Las flotas deben estar estandarizadas con planos en cuanto a la distribución de los dispositivos para minimizar errores cometidos por operadores al cambiar de máquina o al instalar estas tecnologías no se cometan errores que afecten la funcionalidad del camión.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Equipos nuevos y existentes: <ol style="list-style-type: none"> 1- Planos actualizados de los equipos y sus comandos. 2- Registro de instrucción teórico-práctico al personal de las características de los equipos y sus comandos.
<p>Los cinturones de seguridad deben ser usados por todos los ocupantes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Cinturón de 3 puntas para todos los asientos. Cualquier excepción debe ser justificada y autorizada (ver Anexo 2)
<p>Debe haber un proceso formal de selección y recepción del o los equipos móviles de superficie, que trabajarán en la faena Collahuasi en base a las exigencias del estándar de prevención de fatalidades y realizar las modificaciones o estudios de análisis de riesgos antes de comenzar a operar en faena.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Equipos nuevos: Registro de evaluación y cumplimiento de todos los requisitos de este EPF. • Equipos existentes: <ul style="list-style-type: none"> - Registro de evaluación de cumplimiento de requisitos 1, 2, 8 y 9, - Identificación del equipos, - Fecha de ingreso, - Fecha de última inspección, como mínimo.

<p>La selección de equipo, o cualquier modificación que se realice al equipo, debe ser sometida a un proceso de administración del cambio, aprobado y certificado.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Equipos nuevos y existentes: Registro de aplicación según procedimiento "CEO-PCE-0015 Administración del Cambio"
<p>Debe haber un procedimiento y una lista de verificación, incluyendo una prueba de funcionamiento de frenos, como parte de una inspección pre-operacional por parte del operador. Los registros deben mantenerse en el equipo (uso de bitácora) y deben ser auditados.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Programa mensual de estado de equipos. Registro en bitácora de verificación de estado del equipo antes de su uso por parte del operador.
<p>Debe haber procedimientos o instructivos para asegurar que los vehículos no sean sobrecargados o sobre-exigidos más allá de sus límites indicados por fábrica.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Procedimiento para el carguío seguro de los equipos, definiendo los límites máximos de carga y tolerancia Para vehículos de extracción de la Mina, registros de verificación mensual de carga.
<p>Debe haber procedimientos para asegurar que el equipo móvil de superficie opere solamente en superficies suficientemente estables y sobre pendientes que están dentro de los límites de su operación segura.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Procedimiento para la operación de equipos móviles de superficie, debe establecer en su contenido: <ul style="list-style-type: none"> Características técnicas de caminos (ancho mínimo, pendientes máximas de caminos, nivel de compactación o resistencia)
<p>Se debe realizar después de cada mantenimiento programado o una avería, una prueba del funcionamiento del equipo y sus sistemas antes de ser entregado a operación y dejar la constancia en la bitácora del equipo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> En caso de mantenimientos programados o averías, se debe registrar en bitácora del equipo como mínimo: <ul style="list-style-type: none"> Fecha de intervención realizada al equipo Tipo de mantenimiento o intervención Constancia de pruebas realizadas de funcionamiento Persona responsable que realiza la verificación
<p>Se deben realizar las ART como parte del proceso de planificación de las operaciones de equipo móvil de superficie no rutinarias, incluyendo mantenimiento y otras actividades.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Registro de ART para la operación y mantención de los equipos
<p>Debe haber un adecuado mantenimiento, control de polvo y planes de manejo de agua para caminos, tanto en minería como en operaciones de transporte de carga. Se deberá tomar en consideración climas con lluvia excesiva y congelamiento de los caminos. Se debe considerar el uso de supresores de polvo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Programa de mantención de caminos (incluye estado, construcción y reparación de barreras, bermas, pretiles, señaléticas, control de polvo, control de heladas)
<p>Los Estándares de los estacionamientos deben incluir sistemas que permitan la inmovilización del equipo móvil de superficie (cuñas o el uso de zanjas) sin olvidar los casos de detención por mantenimiento en caso de averías.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Plan de tráfico para equipos móviles de superficie (incluye señalética, estacionamientos aculutados, uso de cuñas o zanjas)
<p>Debe haber un programa de Mantenimiento e inspección del equipo móvil de superficie, incluyendo equipos, componentes críticos y chequeos de tecnologías agregadas</p>	<ul style="list-style-type: none"> Programa de mantención de equipos móviles de superficie.

<p>Debe haber un plan de gestión de tráfico de las faenas incluyendo, pero no limitado a:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Segregación de peatones, vehículos livianos y equipo móvil pesado, donde sea posible. 2. Instalar las señaléticas claras en los sitios donde indiquen que los peatones deben dar prioridad a los vehículos o viceversa. 3. Sistemas para alertar a los operadores de equipo móvil respecto de la presencia de peatones. 4. Establecer límites de velocidad adecuados instalando y manteniendo las señales viales. 5. Reglas sobre el derecho de paso (incluyendo restricciones respecto de adelantamiento). 6. Planificación de acceso en áreas identificadas como peligrosas con riesgos importantes asociados. 7. Sistemas para controlar el movimiento de equipo móvil en áreas accesibles a los peatones, de entrada y salida de talleres, y controles respecto al movimiento de peatones y vehículos livianos alrededor de equipo móvil. 8. Zonas de aparcamiento designadas para vehículos pesados y vehículos livianos, incluyendo áreas de mantenimiento. 9. Procedimiento o instructivo para el control de acercamiento, recarga de combustible, aparcamiento, subida o bajada del equipo y aislamiento para personal de producción, mantenimiento y otros peatones. 10. Instrucciones claras indicando que los operadores o conductores deben estar fuera de la cabina y en el piso cuando su participación directa en el mantenimiento o la reparación no sea requerida. 11. Directrices sobre condiciones anormales de caminos (ejemplo: lluvia, nieve, vientos fuertes) indicando criterios de “parar/no parar” e indicando cual es la persona responsable de esta decisión. 12. Claros procedimientos de comunicación para interacción entre vehículos. 13. Procedimientos de carga y descarga de camiones para evitar la caída de material u objetos del vehículo. 14. Directrices sobre cargas anchas o anormales, incluyendo transporte fuera de la faena. 15. Sistemas para controlar el paso de equipos cerca de cables aéreos con energía eléctrica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Plan de tráfico para equipos móviles de superficie. • Registro de capacitación al personal sobre el Reglamento Interno de Tránsito.
<p>Deben existir procedimientos o instructivos para proporcionar detalles de las tareas de mantenimiento que un operador puede realizar, y de las operaciones que el personal de mantenimiento puede llevar a cabo bajo condiciones de prueba.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Procedimiento para la operación de equipos móviles de superficie • Registro de capacitación del procedimiento al personal de operaciones. • Procedimiento para mantención de equipos móviles de superficie • Registro de capacitación del procedimiento al personal de mantenimiento • Procedimiento para ejecución de pruebas de funcionamiento de equipos móviles de superficie • Registro de capacitación del procedimiento al personal de mantenimiento
<p>Debe haber un sistema de gestión de neumáticos para afrontar emergencias que incluyan incendio, calentamiento, explosión, contacto eléctrico, separaciones, mantenimiento, recambio de neumáticos, etc.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Procedimiento para el manejo de neumáticos • Registro de capacitación del procedimiento

<p>Los teléfonos celulares, sean “manos libres” o no, solamente podrán ser usados por el conductor cuando el vehículo esté detenido y en un lugar seguro.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Registro de instrucción al personal sobre esta obligación, descrita en el REGLAMENTO INTERNO DE TRANSITO PARA LA MINA.
<p>Cada equipo debe tener una bitácora donde se registren las novedades relevantes en cuanto a funcionamiento del equipo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Bitácora del equipo. (debe registrarse actividades de inspección, mantención, novedades relevantes)
<p>Los procesos de reclutamiento y de inducción de operadores de equipos móviles de superficie deben tomar en cuenta la historia laboral, pruebas en el sitio de trabajo y exámenes médicos exhaustivos. Debe haber una política de control y drogas (incluyendo medicamentos prescritos) para todo el personal que trabaja en las instalaciones de Collahuasi que confirmen la aptitud y actitud para el trabajo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Descriptor de cursos para operación según tipo de equipos móviles de superficie. • Documentación señalada en punto 6.1 de Reglamento de Tránsito Interno. • Cumplimiento de requisitos establecidos en “Procedimiento requisitos exámenes psicosenotécnicos” • Cumplimiento de requisitos establecidos en “Procedimiento de programa de evaluación para altura geográfica GSSO-PCO-019”
<p>Antes de comenzar el trabajo en un área nueva debe realizarse una orientación a los operadores sobre los riesgos nuevos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Registro de ART para la operación, evaluando los riesgos potenciales y existentes en la nueva área de trabajo.
<p>Debe haber un sistema de licencias o certificación interna para asegurar que los conductores son competentes para conducir en la faena, incluyendo la habilidad para responder en situaciones de emergencia. Además, debe haber un sistema para verificar que los operadores de vehículos tienen una licencia de conductor válida ante la legislación Chilena.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Licencia Interna de los operadores al día (debe portarla permanentemente)
<p>Debe haber un sistema para identificar y gestionar la fatiga del conductor.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Registrar en ART a inicio de turno, el estado de descanso del conductor, tomando acciones en caso de que operador presente fatiga o somnolencia
<p>Las observaciones conductuales deben incluir la operación de equipo móvil de superficie. Cualquier necesidad de entrenamiento específico adicional debe incorporar los resultados de estas observaciones.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar Liderazgos visibles orientados a evaluar la operación de equipos móviles de superficie.

ANEXO N° 4
MATRIZ DE RIESGO

N	ACTIVIDAD	ÍTEM	SUB ACTIVIDAD	TARE A	PELIGRO	TIPOS DE INICI	P	C	P	GRADO DE RIESGO	CONTROLES EXISTENTES	P	C	P	GRADO DE RIESGO RESIDUAL	CONTROLES ADICIONALES	P	C	P	GRADO DE RIESGO ESPERADO
04	Instalación de Rueda		Instalación de Gata Hidráulica / pedestales para soportar	A	Atrascamiento entre suple de la gata	Atrapado entre	4	3	17	Alto	<ul style="list-style-type: none"> Mantenimiento e inspección de gata hidráulica. EPF n 4 protección de equipos. Análisis de riesgo del trabajo (ART). 	2	2	5	Medio	<ul style="list-style-type: none"> Procedimiento específico de atención de equipos. Capacitación del personal en procedimiento específico. Inducción de hombre nuevo (ODI) 	2	2	5	Bajo
				R	Aplastamiento de personas por caída del equipo	Atrapado bajo	4	5	24	Alto	<ul style="list-style-type: none"> Mantenimiento e inspección de gata hidráulica. EPF n 4 Protección de equipos. EPF n 2 Equipos Móviles de superficie. EPF n 5 Aislamiento y bloqueo. Análisis de riesgo del trabajo (ART). 	2	3	9	Medio	<ul style="list-style-type: none"> Procedimiento específico de atención de equipos. Capacitación del personal en procedimiento específico. Inducción de hombre nuevo (ODI) 	2	2	5	Bajo
					Atrascamiento entre manipulador y Neumático	Atrapado entre				Alto	<ul style="list-style-type: none"> Análisis del riesgo del trabajo (ART). Permanente contacto visual entre los participantes Señalero para operaciones. Inducción hombre nuevo Trabajador informado de los riesgos de su actividad 	2	3	9	Medio	<ul style="list-style-type: none"> EPF (E Estándar para equipos móviles de superficie. Implementación de actividades de observación al trabajo 	2	2	5	Bajo
					Aplastamiento por caída de neumáticos en el transporte	Atrapado bajo	5	4	23	Alto	<ul style="list-style-type: none"> Mantenimiento e inspección de manipulador de neumáticos. EPF n 2 Equipos Móviles de superficie. Análisis de riesgo del trabajo (ART). Reglamento interno de conducción. (Prueba). Examen Psicosensotécnico aprobado. Curso de conducción a la defensiva y de alta montaña. Conductores autorizados por la Compañía. 	4	3	17	Alto	<ul style="list-style-type: none"> Procedimiento específico de operación de manipulador de neumáticos. Capacitación del personal en procedimiento específico. Delimitación de las áreas de trabajo. Inducción hombre nuevo (ODI). 	2	2	5	Bajo
				R	Atropello a personas en el taller de neumáticos	Siniestros	5	5	25	Alto	<ul style="list-style-type: none"> Reglamento interno de conducción. (Prueba). Examen Psicosensotécnico aprobado. Curso de conducción a la defensiva y de alta montaña. Conductores autorizados por la Compañía. EPF N1 Vehículos de carretera. 	3	3	13	Medio	<ul style="list-style-type: none"> Licencia Municipal. Hoja de vida del conductor. Examen Psicosensotécnico aprobado. Programas de mantenimiento de vehículos. Check-list de vehículos. ART realizado por conductores. Conducir a la defensiva, atento a las condiciones del camino y respetando las normas de tránsito (curso manejo a la defensiva). Capacitación sobre Procedimiento ETC.022. Licencia Municipal. Hoja de vida del conductor. Examen Psicosensotécnico aprobado. Programas de mantenimiento de vehículos. Check-list de vehículos. ART realizado por conductores. Conducir a la defensiva, atento a las condiciones del 	2	2	5	Bajo
					Choque o volcamiento en trayecto con vehículo liviano, manipulador o similar	Colisión, choque o volcamiento	5	5	25	Alto	<ul style="list-style-type: none"> Reglamento interno de conducción. (Prueba). Examen Psicosensotécnico aprobado. Curso de conducción a la defensiva y de alta montaña. Conductores autorizados por la Compañía. EPF N1 Vehículos de carretera. 	2	3	9	Medio	<ul style="list-style-type: none"> Procedimiento específico de atención de equipos. Capacitación del personal en procedimiento específico. Inducción de hombre nuevo (ODI) 	2	2	5	Bajo

Despresurizar Neumático	R	Proyección de componentes, fragmento o partículas sólidas Ruido	Proyección de partículas Exposición a Agentes Físicos	5	3	4	5	25	Alto	- Analisis de riesgo del trabajo (ART). - Inducción CMDIC.	2	2	5	Bajo
		Atrapamiento entre herramientas manuales, herramientas portátiles eléctricas	Atrapado entre	5	3	20			Alto	- Evaluaciones y monitoreos de agente físico por organismo administrador - Inspección de pre-uso de herramientas manuales, portátiles, eléctricas. - Analisis de riesgo del trabajo (ART). - EPF N° 4 Protección de equipos.	2	2	5	Bajo
		Peligro de ser golpeado por herramientas o materiales como dados o accesorios	Atrapado entre	5	3	20			Alto	- Mantenimiento e inspección de herramientas (Rad). - EPF n° 4 Protección de equipos.	2	2	5	Bajo
		Proyección de componentes, fragmento o partículas sólidas	Proyección de partículas	5	5	25			Alto	- Analisis del riesgo del trabajo (ART). - Analisis de riesgo del trabajo (ART). - Inducción CMDIC.	2	2	5	Bajo
		Esfuerzos por el uso de herramientas.	Sobreesfuerzo	4	3	17			Alto	- Analisis de riesgo del trabajo (ART). - Inducción CMDIC. - Peso maximo de herramientas (25 kilogramos CMDIC).	2	2	5	Bajo

ANEXO N° 5
ANÁLISIS DE RIESGOS
DEL TRABAJO ART

1. OBJETIVO

Establecer las disposiciones para el correcto uso y aplicación del formato de "Análisis de Riesgos del Trabajo", "ART", previo a cualquier trabajo que se ejecute, con el objeto de aplicar los controles adecuados que eviten la recurrencia de sucesos no deseados que puedan lesionar a las personas, impactar el medio ambiente, dañar equipos, instalaciones, afectar comunidades o la combinación de estos factores.

Cumplir con las disposiciones de Artículo 25 del DS 72-132, que establece lo siguiente:

"Sin perjuicio de la existencia de los Reglamentos de Orden, Higiene y Seguridad, exigidos por la legislación del país, las Empresas Mineras deberán elaborar, desarrollar y mantener reglamentos internos específicos de las operaciones críticas, que garanticen la integridad física de los trabajadores, el cuidado de las instalaciones, equipos, maquinarias y del medio ambiente".

Cumplir con las disposiciones de Artículo 26 del DS 72-132, que establece lo siguiente:

"Las empresas mineras deberán elaborar y mantener un sistema documentado de procedimientos de operación que garanticen el cumplimiento de los reglamentos indicados en el artículo precedente".

2. ALCANCE

Este procedimiento es aplicable a toda la organización y empresas ESED que prestan servicios en las instalaciones de CMDIC., y debe realizarse en todas y cada una de las tareas previas a su ejecución.

3. RESPONSABILIDADES

3.1 Responsabilidades de los Supervisores de CMDIC y ESED

- Debe estar en conocimiento de este procedimiento y de su operatividad.
- Debe dar a conocer a sus trabajadores este procedimiento.
- Debe exigir el cumplimiento de las reglas o instrucciones de este procedimiento y de aquellos estándares identificados durante su aplicación.
- Aprobar el ART, verificando que todos los involucrados en la actividad, conozcan las medidas de control definidas y el origen de estas.
- Debe revisar el estado de los elementos de protección personal y verificar su uso por parte de los trabajadores, quienes están obligados a cumplir las exigencias establecidas en el reglamento interno de la empresa, en lo concerniente al uso de dichos elementos y el Artículo 32 del Reglamento de Seguridad Minera.

3.2 Responsabilidades de los Trabajadores de CMDIC y ESED

- Debe estar en conocimiento del presente procedimiento y de su operatividad.
- Debe solicitar a su supervisión la aclaración de este procedimiento en caso de no comprender algunas de las disposiciones aquí establecidas.
- Participar activamente en la confección del ART, dejando registro de esto en el formulario respectivo.
- Todo trabajador, como parte de sus responsabilidades, establecidas en el Artículo 38 del Reglamento de Seguridad Minera, debe:
 - Respetar y cumplir todas las reglas que le conciernen directamente o afecten su conducta, prescritas en este procedimiento y en otros internos de CMDIC o ESED, impartido como instrucciones u órdenes.

4. DEFINICIONES

4.1 "ART" Análisis de Riesgos del Trabajo

Documento instrumental que permite evaluar la actividad en su conjunto e identificar peligros y desviaciones antes de la ejecución del trabajo, teniendo en cuenta las siguientes acciones:

- 4.1.1 Evaluar el entorno de trabajo para identificar operaciones contiguas que puedan afectar o verse afectadas con el desarrollo del trabajo.
- 4.1.2 Verificar situaciones especiales, ejemplo: trabajos nocturnos, baja luminosidad, equipos radioactivos, etc.
- 4.1.3 Verificar situaciones climáticas que puedan afectar el normal desarrollo del trabajo, ejemplo: lluvias, viento, nieve, bajas temperaturas, etc.
- 4.1.4 Prevenir impactos al medio ambiente, ejemplo: contaminación de suelos, aire, afluentes flora y fauna, sitios arqueológicos, otros recursos naturales, etc.
- 4.1.5 Identificar las tareas que cuentan con estándares establecidos, ejemplo: normas, procedimientos, reglas, etc.
- 4.1.6 Generar descripción secuencial de la actividad, identificando incidentes potenciales y sus respectivas medidas de control.

5. EQUIPOS Y MATERIALES

No Aplica

6. DESCRIPCIÓN

6.1 Planificación del Trabajo

La ejecución de las tareas debe estar sustentada en una planificación previa, que evite omitir aspectos importantes que puedan afectar el normal desarrollo del trabajo a realizar. En la planificación se debe considerar el Análisis de Riesgos del Trabajo y la formulación del formato "ART" establecido.

6.2 Confección del ART.

La Evaluación y Análisis de Riesgos del Trabajo, es una actividad técnica que tiene por objeto identificar situaciones, desviaciones o potenciales incidentes que pudieran ocurrir cuando se ejecute una tarea, de tal manera de establecer las respectivas medidas de control. La Evaluación y Análisis de Riesgos del Trabajo ha de desarrollarse previo a cualquier trabajo que se ejecute en CMDIC, a excepción de los trabajos definidos por cada Gerencia, en consulta a GSSO. Los trabajos excluidos de la obligación de realizar ART, serán registradas en un listado, el cual debe ser difundido por cada Gerencia a todos sus trabajadores y ESED cada vez que sea modificado o se integre un nuevo trabajo al listado.

La confección del "ART", debe realizarse en formato definido para el objeto, el que contempla los siguientes atributos:

- 6.2.1 **Antecedentes de Identificación:** Se debe describir el nombre del área donde se desarrollará el trabajo:

GERENCIA CMDIC / SUPERINTENDENCIA / EMPRESA ESED

- 6.2.2 **Área de Trabajo:** se debe describir el lugar específico donde se efectuarán los trabajos.

- 6.2.3 **Descripción de la Tarea:** En forma resumida, se deben detallar las acciones que en su conjunto determinarán la tarea a desarrollar.

- 6.2.4 **Evaluación del Entorno:** Se deben describir los factores relacionados con:

1. La identificación de trabajos y/u operaciones contiguas que puedan afectar o verse afectadas con el desarrollo de la tarea, ejemplo: equipos operando, otros trabajos en niveles superiores o inferiores, etc.
2. Situaciones especiales, ejemplo: trabajos nocturnos, baja luminosidad, equipos radiactivos, etc.
3. Situaciones climáticas que puedan afectar el normal desarrollo del trabajo, ejemplo: lluvia, viento, nieve, bajas temperaturas, etc.
4. Impactos al medio ambiente, ejemplo: contaminación de suelos, aire, afluentes, flora y fauna, sitios arqueológicos, otros recursos naturales, etc.

Una vez verificados los factores e identificados aquellos que puedan alterar el normal desarrollo de los trabajos, se deben establecer las respectivas medidas de control.

- 6.2.5 **Análisis de Riesgos del Trabajo:** El análisis de riesgos del trabajo, debe realizarlo la persona que estará a cargo de los trabajos en conjunto con todos los trabajadores que participarán en la tarea, completando los atributos del formato de acuerdo a la siguiente pauta:

- a. Enumerar los pasos o etapas de la tarea a desarrollar en un orden secuencial, lógico y práctico.
- b. En cada paso descrito de la tarea, debe asociársele, en aquellos que correspondan, las desviaciones y/o incidentes potenciales que pudiesen ocurrir.
- c. Definir los controles requeridos para eliminar, minimizar y/o controlar los potenciales incidentes identificados y descritos para los pasos que correspondan.

- 6.2.6 **Instruir e Informar al Equipo de Trabajo:** Es deber de la persona a cargo del trabajo, después de realizar con todos los trabajadores involucrados la evaluación del entorno y el análisis de riesgos del trabajo, instruir e informar a todos los trabajadores, respecto de:

- Las variables identificadas en la evaluación del entorno y sus medidas de control.
- Los aspectos más relevantes a aplicar de los estándares establecidos.
- Las desviaciones e incidentes potenciales identificados y sus medidas de control.
- Las medidas de control que se tomarán para situaciones especiales

- Otros aspectos relevantes o de situaciones especiales identificadas que puedan tener efectos negativos en las personas, los recursos, el medio ambiente o la combinación de estos factores.

Toda instrucción debe estar respaldada en el registro de Información y Comunicación establecido, firmado por cada trabajador, respaldando de esta forma, el haber recibido adecuadamente la información e instrucción relativa a la forma correcta de realizar el trabajo.

7. REGISTROS

Tipo de Registro	Responsable de Mantenimiento	Periodo de Retención
Análisis de Riesgos del Trabajo "ART"	Según corresponda: - Administrador Contrato ESED - Supervisor CMDIC	Un turno (según jornada laboral)

8. REFERENCIAS

No Aplica

9. ANEXOS

9.1 Análisis de Riesgos del Trabajo (ART)

REVERSO

OBJETIVO DEL ANALISIS DE RIESGOS DEL TRABAJO

Generar la “ART” considerando las siguientes actividades:

1. **Evaluación del Entorno**
2. **Análisis de Riesgos del Trabajo**
3. **Instrucción al Personal**

1. **Evaluación del entorno:** Actividad que se realiza con el fin de evaluar “**en terreno**” cuáles son las variables que afecten o puedan verse afectadas al realizar la tarea, sean del entorno inmediato o de factores naturales que puedan afectar la ejecución del trabajo.
2. **Análisis de Riesgos del Trabajo:** Debe realizarlo la persona que estará a cargo de los trabajos, en conjunto con el personal que participará en la tarea, completando los atributos del formato de acuerdo a la siguiente pauta:
 - a. Enumerar los pasos o etapas de la tarea a desarrollar en un orden secuencial, lógico y práctico.
 - b. En cada paso descrito de la tarea, debe asociarse, en aquellos que correspondan, los potenciales incidentes que pudiesen ocurrir.
 - c. Definir los controles requeridos para eliminar, minimizar y/o controlar los potenciales incidentes identificados y descritos para los pasos que correspondan.
3. **Instrucción al Personal:** Esta actividad debe liderarla el Supervisor “**Encargado del Trabajo**”, en cumplimiento a las disposiciones legales establecidas en el **Decreto Supremo N° 40, Artículo 21** que establece los siguiente:

“Los empleadores tienen la obligación de informar oportuna y convenientemente a todos sus trabajadores acerca de los riesgos que entrañan sus labores, de las medidas preventivas y de los métodos de trabajo correctos. Los riesgos son los inherentes a la actividad de cada empresa.

Especialmente deben informar a los trabajadores acerca de los elementos, productos y sustancias que deban utilizar en los procesos de producción o en su trabajo, sobre la identificación de los mismos (fórmula, sinónimos, aspecto y olor), sobre los límites de exposición permisibles de esos productos, acerca de los peligros para la salud y sobre las medidas de control y de prevención que deben adoptar para evitar tales riesgos”.

La instrucción debe quedar registrada haciendo firmar a cada uno de los involucrados en el trabajo a realizar.

TELEFONOS DE EMERGENCIA Y ANEXOS DE COLLAHUASI

CENTRAL COLLAHUASI	6715
POLICLINICO COPOSA	4625 / 6607 / 4623
POLICLINICO ROSARIO	6816
POLICLINICO UJINA	6026
POLICLINICO PATACHE	6966
BRIGADA DE EMERGENCIA	6744/ 6715 / 6668 /4805
EMERGENCIA COLLAHUASI	6744
CUARTEL BRIGADA ROSARIO	4805
GERENCIA SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL COPOSA	6668 / 6689
GERENCIA SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL ROSARIO	6844
GERENCIA SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL UJINA	6903
GERENCIA SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL PATACHE	6981
SALUD OCUPACIONAL	6608
HIGIENE INDUSTRIAL	6616

10. CONTROL DE CAMBIOS

N° de Versión	Descripción	Fecha	Responsable de Cambios
1	Se modifica el formato del procedimiento operacional, de acuerdo a CEO-PCE-001, Procedimiento Estructural Control de Documentos y Registros.	Octubre, 2011	GSSO
1	Se modifica el formulario GSSO-FOR- 0001 Formulario Análisis de Riesgos del Trabajo asociado al procedimiento operacional.	Octubre, 2011	GSSO