

Universidad Nacional de Ingeniería

Facultad de Ingeniería Mecánica



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**Propuesta de un Plan de Comisionamiento para un Equipo
Mecatrónico utilizado en el Cambio de Revestimientos
Internos de Molinos Sag en Planta de Proceso de Mineral**

Para obtener el título profesional de Ingeniería Mecatrónica.

Elaborado por

Arturo Fernando Pachas Quispe

 [0009-0003-8054-9385](https://orcid.org/0009-0003-8054-9385)

Asesor

Dr. Ricardo Raúl Rodríguez Bustinza

 [0000-0002-6411-7123](https://orcid.org/0000-0002-6411-7123)

LIMA – PERÚ

2024

Citar/How to cite	(Pachas, 2024)
Referencia/Reference	Pachas, A. (2024). <i>Propuesta de un Plan de Comisionamiento para un equipo mecatrónico que es utilizado en la industria minera para el mantenimiento de molinos Sag</i> . [Trabajo de Suficiencia Profesional, Universidad Nacional de Ingeniería]. Cybertesis UNI.
Estilo/Style: APA (7ma ed.)	

Dedicatoria

Quiero agradecer a mis queridos padres, por su esfuerzo y enseñanzas, han hecho de mí una persona con valores y fortalezas para abordar los retos en mi vida.

También el apoyo de mis hermanos y hermanas, han sido la fuente de mi motivación día a día.

Agradecimientos

Mis agradecimientos a las compañías First Quantum Minerals y Russell Minerals por su soporte con la información. También al Dr. Ricardo Rodriguez por su apoyo en la elaboración de este trabajo.

Tabla de Contenido

	Pág.
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	xiii
CAPITULO I 1. Generalidades	1
1.1 Antecedentes Investigativos.....	1
1.2 Identificación y Descripción del Problema de Estudio.....	2
1.3 Formulación del Problema	3
1.3.1 Problema Principal	3
1.3.2 Problemas Específicos	3
1.4 Justificación e Importancia	3
1.5 Objetivos del estudio	6
1.5.1 Objetivo General	6
1.5.2 Objetivos Específicos	6
1.6 Hipótesis.....	7
1.6.1 Hipótesis General.....	7
1.6.2 Hipótesis Específicos	7
1.7 Variables y Operacionalización de variables.....	7
1.7.1 Operacionalización de variables	7
1.8 Metodología de la Investigación	8
1.8.1 Unidades de Análisis.....	8
1.8.2 Tipo, enfoque y nivel de investigación	8
1.8.3 Diseño de la Investigación	8
1.8.4 Fuentes de Información.....	9
1.8.5 Población y muestra	9

1.8.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	12
1.8.7 Análisis y Procesamientos de Datos	12
CAPITULO II 2. Marco Teórico y Marco Conceptual.....	13
2.1 Marco teórico.....	13
2.1.1 Plan del Proyecto	13
2.1.2 Plan de Calidad	13
2.1.3 Plan de Gestión de Riesgos.....	15
2.1.4 Alcance del Proyecto.....	17
2.1.5 Matriz de Probabilidad e Impacto	17
2.1.6 Plan de Comisionamiento	18
2.1.7 Análisis Cualitativo de Riesgos	18
2.1.8 Prueba de Funcionamiento	19
2.1.9 Sistema	20
2.1.10 Subsistema.....	20
2.1.11 Procedimiento	20
2.1.12 Registro	20
2.1.13 Documento	20
2.2 Marco Conceptual	20
2.2.1 Calibración	20
2.2.2 Verificación.....	21
2.2.3 Ajuste	21
2.2.4 Molinos Semi-Autogenos (Molinos Sag)	21
2.2.5 Partes de un Molino Sag	21
2.2.6 Skyway	26
2.2.7 Partes Principales del Skyway	28
2.2.7.1 Módulos Plataforma.....	30
2.2.7.2 Módulos del Martillo.....	32
2.2.7.3 Módulos de Combinación	34

2.2.7.4	Disposición del Martillo	35
2.2.7.5	Disposición del Armazón del Martillo	37
2.2.7.6	Estructura del Skyway	38
2.2.7.7	Unidad Potencia Hidráulico	40
2.2.7.8	Gabinete de Alimentación y Control	41
2.2.7.9	Control Remoto Colgante (Joystick)	43
2.2.8	Comisionamiento.....	44
2.2.9	Fases del Comisionamiento	45
2.2.9.1	Preparar	46
2.2.9.2	Implementar	47
2.2.9.3	Cerrar.....	48
CAPITULO III 3. Desarrollo del Trabajo De Investigación.....		50
3.1	Acta de Constitución del Proyecto	50
3.2	Organigrama y Roles del Equipo de Comisionamiento.....	53
3.3	Alcance del Comisionamiento	55
3.4	Actividades del Comisionamiento	58
3.5	Recursos de las Actividades del Comisionamiento.....	58
3.6	Desarrollo de Cronograma del Comisionamiento.....	59
3.7	Plan de Gestión de la Calidad	60
3.8	Plan de Gestión de Riesgos	63
3.9	Identificar los Riesgos y Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos	66
CAPITULO IV 4. Resultados, Contratación De Hipótesis Y Discusión de Resultados.....		68
CONCLUSIONES		71
RECOMENDACIONES.....		72
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS		73
ANEXOS		74

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1 <i>Comparativa Cambio de Liners mediante uso Convencional y uso del Skyway</i>	4
Tabla 2 <i>Operacionalización de variables</i>	8
Tabla 3 <i>Partes Principales del Skyway</i>	30
Tabla 4 <i>Módulo de Plataforma</i>	32
Tabla 5 <i>Módulo del Martillo</i>	33
Tabla 6 <i>Módulo de Combinación</i>	35
Tabla 7 <i>Disposición del Martillo</i>	36
Tabla 8 <i>Armazón del Martillo</i>	38
Tabla 9 <i>Estructura del Skyway</i>	39
Tabla 10 <i>Unidad Potencia Hidráulico</i>	41
Tabla 11 <i>Gabinete de Alimentación y Control</i>	42
Tabla 12 <i>Control Remoto Colgante</i>	43
Tabla 13 <i>Identificación de Riesgos en Comisionamiento del Skyway</i>	66

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1 <i>Modo Convencional en Cambio de Liners del Molino Sag N° 1</i>	5
Figura 2 <i>Uso de Skyway en Cambio de Liners del Molino Sag N° 1</i>	6
Figura 3 <i>Ubicación Minera Panamá</i>	10
Figura 4 <i>Área de Molienda - Planta de Procesamiento</i>	11
Figura 5 <i>Comisionamiento del Skyway en Molino Sag N° 1</i>	12
Figura 6 <i>Planificar la Gestión de la Calidad</i>	14
Figura 7 <i>Planificar la Gestión de la Calidad: Diagrama de Flujo de Datos</i>	15
Figura 8 <i>Planificar la Gestión de Riesgos: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas</i>	16
Figura 9 <i>Planificar la Gestión de los Riesgos: Diagrama de Flujo de Datos</i>	16
Figura 10 <i>Ejemplo de Matriz de Probabilidad e Impacto con Esquema de Puntuación</i> ...	17
Figura 11 <i>Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos</i>	18
Figura 12 <i>Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos: Diagrama de Flujo de Datos</i>	19
Figura 13 <i>Componente Principales del Molino Sag</i>	24
Figura 14 <i>Componentes Internos del Molino Sag</i>	25
Figura 15 <i>Liners del Cilindro</i>	25
Figura 16 <i>Skyway en Cobre Panamá</i>	27
Figura 17 <i>Secuencia de ataque del martillo en Skyway</i>	28
Figura 18 <i>Partes Principales del Skyway</i>	29
Figura 19 <i>Módulos Plataforma</i>	31
Figura 20 <i>Módulos del Martillo</i>	33
Figura 21 <i>Módulos de combinación</i>	34
Figura 22 <i>Disposición del Martillo</i>	36
Figura 23 <i>Disposición del Armazón del Martillo</i>	37
Figura 24 <i>Estructura del Skyway</i>	39
Figura 25 <i>Unidad Potencia Hidráulico</i>	40

Figura 26 <i>Gabinete de Alimentación y Control</i>	42
Figura 27 <i>Control Remoto Colgante</i>	43
Figura 28 <i>Fases principales del Comisionamiento</i>	45
Figura 29 <i>Diagrama detallado Fases del Comisionamiento</i>	49
Figura 30 <i>Acta de Constitución del Proyecto</i>	50
Figura 31 <i>Organigrama del equipo de Comisionamiento</i>	54
Figura 32 <i>Alcance del Comisionamiento</i>	55
Figura 33 <i>Actividades del Comisionamiento</i>	58
Figura 34 <i>Recursos de las actividades del Comisionamiento</i>	59
Figura 35 <i>Cronograma del Comisionamiento</i>	60
Figura 36 <i>Plan de Gestión de Calidad</i>	61
Figura 37 <i>Plan de Gestión de Riesgos</i>	63
Figura 38 <i>Acta de Cierre del Comisionamiento</i>	68
Figura 39 <i>Lecciones aprendidas en el Comisionamiento</i>	69

RESUMEN

El presente trabajo de suficiencia realizado en la Mina Cobre Panamá, se realiza una propuesta de plan de comisionamiento a un equipo mecatrónico utilizado para el cambio de revestimientos internos en Molinos Sag. El equipo mecatrónico denominado “Skyway” en adelante, llamado así por el fabricante Russell Mineral Equipment, reducirá el tiempo en el cambio de revestimientos de Molino Sag en un 20%, esto equivale a un ahorro aproximado de dos Millones de dólares como lucro cesante por dejar de producir, sobre todo reducirá los riesgos a las personas, ya que el cambio de revestimientos internos del molino Sag es considerada una actividad de alto riesgo. La criticidad del Skyway en el mantenimiento de los Molinos Sag, se propone un plan de comisionamiento alineado a la guía de la gestión de proyectos del PMBOK®, el cual nos dará una visión panorámica para el desarrollo de nuestro plan, ajustándolo a nuestra necesidad y realidad actual de la compañía. El plan comprenderá desde el acta de constitución del proyecto, el organigrama y roles del equipo de Comisionamiento, el alcance, los planes de gestión de calidad y de riesgos asociados a las actividades de Comisionamiento, el programa de actividades y registros de pruebas a equipos mecánicos, eléctricos, instrumentación y control.

La investigación utilizada es tecnológico, los procedimientos de protocolos de pruebas se obtuvieron mediante técnicas de comisionamiento para los distintos sistemas mecánicos, eléctricos, instrumentación y control.

Al final se obtuvieron los protocolos de comisionamiento aprobados, cumpliéndose con los requerimientos previstos en el alcance. Además, se ha adicionado las lecciones aprendidas que servirán para el comisionamiento de los otros equipos Skyway instalados en los Molinos Sag N° 2 y 3.

Finalmente, se cierra con las conclusiones y recomendaciones.

Palabras clave — Procedimiento, registros, comisionamiento, equipo rotativo, Molino Sag.

ABSTRACT

The present sufficiency work carried out at the Cobre Panama Mine, a commissioning plan proposal is made for a mechatronic equipment used for the change of internal linings in Sag Mills. The mechatronic equipment called "Skyway" from now on, named after the manufacturer Russell Mineral Equipment, will reduce the time for the change of linings of the Sag Mill by 20%, this is equivalent to an approximate saving of two million dollars as lost profits for stopping production, above all it will reduce the risks to people, since the change of internal linings of the Sag Mill is considered a high-risk activity. The criticality of the Skyway in the maintenance of the Sag Mills, a commissioning plan aligned with the PMBOK® project management guide is proposed, which will give us a panoramic view for the development of our plan, adjusting it to our need and current reality of the company. The plan will include the project's constitution, the organization chart and roles of the Commissioning team, the scope, the quality management plans and the risks associated with the Commissioning activities, the activity program and test records for mechanical, electrical, instrumentation and control equipment.

The research used is technological, the test protocol procedures were obtained through commissioning techniques for the different mechanical, electrical, instrumentation and control systems.

In the end, the approved commissioning protocols were obtained, complying with the requirements set out in the scope. In addition, the lessons learned have been added that will be used for the commissioning of the other Skyway equipment installed in Sag Mills No. 2 and 3.

Finally, it closes with the conclusions and recommendations.

Keywords — Procedure, records, commissioning, rotating equipment, Sag Mill.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de este informe presenta una propuesta para el Plan de Comisionamiento de un equipo mecatrónico denominado Skyway, utilizado en el cambio de revestimiento de acero de los Molinos Sag, pertenecientes al área de Molienda en la Planta de Procesamiento de Cobre de Minera Panamá.

La operación del Skyway debe ser confiable a lo largo de su vida útil, y para esto el proceso de Comisionado deberá cumplir con los protocolos de pruebas mecánicos, eléctricos, instrumentación y de control, mediante un Plan de Comisionamiento organizado, estratégico y sistemático, para ello la metodología a utilizar en el desarrollo del plan informe es la dirección de proyectos.

El Plan de Comisionado propuesto busca demostrar que la aplicación de buenas prácticas de la gestión de proyectos nos brinda el soporte para estandarizar y optimizar los recursos, el tiempo y sobre todo cumplir con el presupuesto asignado.

Se obtienen los formatos para los protocolos de pruebas con el plan de calidad, se identifican los riesgos asociados a las actividades, se obtienen las lecciones aprendidas que servirán para el comisionamiento de otros dos equipos Skyway instalados en los Molinos Sag N° 2 y 3 de las misma Planta Concentradora, finalmente se cierra con las conclusiones y recomendaciones.

CAPITULO I

1. Generalidades

1.1 Antecedentes Investigativos

- **Empresa Russell Mineral Equipment (Australia, 1997). Fabricación de Martillos Hidráulicos para Mantenimiento de Molinos.**

El cambio de revestimientos en molinos es la tarea más especializada e importante en el mantenimiento de una Planta de Procesamiento de minerales. Además, dicta los tiempos de parada, la disponibilidad, utilización del molino, el rendimiento y, por lo tanto, la rentabilidad de la unidad minera. Para este propósito la compañía en 1997 puso en el mercado el martillo sin retroceso THUNDERBOLT de rendimiento especial, su fuerza inquebrantable de 1500 julios facilita el trabajo en condiciones difíciles de rebase. Favorecida tanto por el personal como por los operadores de molinos de tamaño mediano y de gran capacidad.

- **Matutti Rojas, Eder Osmar (Perú, 2016). Implementación de Procedimientos de Comisionamiento y Puesta en Marcha para la Planta Concentradora de las Bambas Mining Company S.A.**

Nos muestra como implementar mejoras en la fase de Comisionamiento y Puesta en Marcha de la Planta Concentradora de Minera las Bambas; las mejoras se realizan a los protocolos de pruebas y finalmente nos muestra el resultado esperado con la implementación de las mejoras.

- **Chavez del Aguila, Freddy Alvaro (Perú, 2016). Diseño de Procedimiento para Comisionamiento de Equipos Rotativos del Proyecto Inmaculada - Compañía Minera Ares.**

Esta tesis realizado en el Proyecto Inmaculada, se realiza el comisionamiento de quipos rotativos bajo procedimientos elaborados tomando como muestra a los equipos, siendo esta investigación de nivel descriptivo.

- **Abregú Hurtado, Ronald Urciso (Perú, 2019). Comisionado de Componentes Mecánicos, Eléctricos e Instrumentación del Proyecto Mineros Las Canarias.**

Realiza el procedimiento para el "Comisionado de Componentes Mecánicos, Eléctricos e Instrumentación del Proyecto Minero Las Canarias ". El proyecto incluye componentes mecánicos, eléctricos e instrumentación. El comisionamiento está basado en los procedimientos del PMI, iniciando con la definición alcance del proyecto para luego pasar al contrato. Además, incluye la gestión de costos y de riesgos. Finalmente añade valor al cierre mediante las lecciones aprendidas.

- **Empresa Marco Peruana (Perú, 2021). Diseño y Fabricación de Plataformas para Mantenimiento de Molinos.**

Ha desarrollado una plataforma fija que se acciona hidráulicamente para el cambio de revestimientos o liners en los molinos Sag. Con esta propuesta se requiere minimizar el riesgo de accidentes y además se reducir el tiempo de mantenimiento de 5-10%.

1.2 Identificación y Descripción del Problema de Estudio

El presente trabajo trata del estudio para proponer un plan de comisionamiento a un equipo mecatrónico utilizado para el cambio de revestimientos internos en Molinos Sag, siendo los Molinos Sag los equipos principales en la molienda de minerales en la industria minera. El equipo mecatrónico denominado "Skyway" en adelante, llamado así por el fabricante Russell Mineral Equipment, reducirá el tiempo de mantenimiento en el cambio de revestimientos del Molino Sag en un 20%, esto equivale a un ahorro de doce millones de dólares americanos como lucro cesante por dejar de producir (ver Tabla 1), además, se reducirán los riesgos a las personas, ya que el cambio de revestimientos internos en el molino Sag es considerada una actividad de alto riesgo.

El comisionamiento es el puente entre la fase de construcción y la de operación, permitiendo la transición hacia la producción, por tal motivo las actividades a ejecutarse en el plan de comisionamiento, deberán orientarse a cumplir los protocolos y registros de pruebas mecánicas, eléctricas, instrumentación y de control a todos los equipos, sub-equipos y componentes del Skyway.

Para el Plan de Comisionamiento se debe considerar un presupuesto fijo de 250,000 dólares americanos y un plazo de ejecución de 04 semanas calendario. Siendo los factores costo y tiempo primordiales para el éxito del proyecto.

1.3 Formulación del Problema

1.3.1 Problema Principal

- ¿Cómo realizar el Plan de Comisionamiento de un equipo mecatrónico para el cambio de revestimientos internos en Molinos Sag?

1.3.2 Problemas Específicos

- ¿Cuáles son las actividades por desarrollar en el plan de comisionamiento que pueda garantizar la operatividad del Skyway?
- ¿Cuál es el plan de calidad que asegure la correcta ejecución del plan de comisionamiento?
- ¿Cuáles son los riesgos relacionados al Plan de Comisionamiento?

1.4 Justificación e Importancia

Este trabajo de suficiencia es importante para tener un eficiente y eficaz plan de comisionamiento, satisfaciendo los presupuestos en tiempo y costo, además, con la experiencia del personal luego de culminado el comisionamiento en el Molino Sag N° 1, se

continuará con el comisionamiento de los otros Skyway instalados en los Molinos Sag N°2 y 3.

En la figura 1, se muestra el modo convencional, donde los martillos hidráulicos son enteramente manipulados por el personal de mantenimiento, siendo este un trabajo de mayor exigencia física para el personal y de un alto riesgo de sufrir algún accidente.

En la figura 2, se muestra el uso del Skyway, donde los martillos hidráulicos están soportados en una estructura de soporte, permitiéndole ejecutar movimientos de traslación en los ejes x-y, los martillos hidráulicos son manipulados de manera semiautomática por un operador desde un joystick.

En la Tabla N°1, observamos el tiempo y costo utilizando el método convencional y el uso del Skyway.

Podemos observar que existe un ahorro en tiempo de 24 horas para el cambio de liners usando el Skyway (ahorro 20% en tiempo), que finalmente es ahorro en costos y menor pérdida de producción por lucro cesante, siendo este ahorro de lucro cesante de 12 millones de dólares americanos, ya que la sola detención del Molino Sag N° 1 genera una pérdida por hora de 500,000 dólares americanos.

Tabla 1

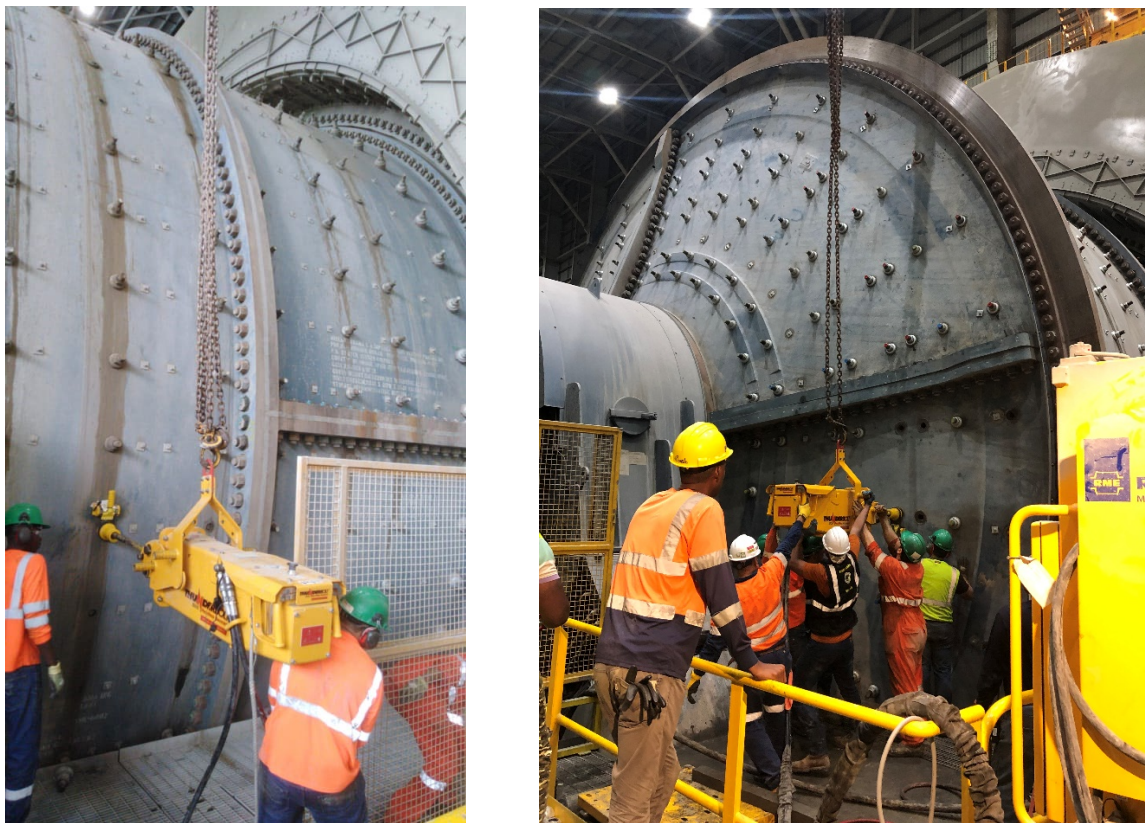
Comparativa Cambio de Liners mediante uso Convencional y uso del Skyway

	Modo Convencional	Uso de Skyway
Tiempo (Horas)	120	96
Costo Mano de Obra (USD)	500,000	400,000
Lucro cesante Millones USD (1 hora=500,000 USD)	60	48

Nota: Información propia de Minera Panamá

Figura 1

Modo Convencional en Cambio de revestimientos en Molino Sag N° 1



Fuente: Foto tomada en instalaciones de Minera Panamá.

Figura 2

Uso de Skyway en Cambio de revestimientos en Molino Sag N° 1



Fuente: Foto tomada en instalaciones de Minera Panamá.

1.5 Objetivos del estudio

1.5.1 Objetivo General

- Proponer un plan de comisionamiento para un equipo mecatrónico (Skyway) utilizado en el cambio de revestimientos internos de un Molino Sag en Planta de Procesamiento de Cobre.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Identificar las actividades de verificación mecánicas, eléctrico, instrumentación y de control.

- Establecer un plan de calidad que asegure la correcta ejecución de las actividades de Comisionamiento.
- Identificar los riesgos asociados a las actividades de comisionamiento con la finalidad de evitar retrasos y sobrecostos.

1.6 Hipótesis

1.6.1 Hipótesis General

- El plan de comisionamiento al Skyway influirá significativamente en su desempeño durante el cambio de revestimientos internos al Molino Sag N° 1.

1.6.2 Hipótesis Específicos

- Las actividades del plan de comisionamiento garantizaran el correcto funcionamiento del Skyway desde la puesta en servicio.
- El plan de comisionamiento está conformado por un plan de calidad que asegure la correcta ejecución de los protocolos de prueba de Comisionamiento.
- La evaluación de riesgos asociados a los protocolos de prueba de comisionamiento logran evitar retrasos y sobrecostos en la ejecución del plan.

1.7 Variables y Operacionalización de variables

1.7.1 Operacionalización de variables

La Tabla 2 detalla la operacionalización de las variables de estudio, asegurando la coherencia con la hipótesis planteada. A partir de este punto, se procede a realizar un análisis deductivo de las variables, descomponiéndolas en sus componentes más básicos

Tabla 2*Operacionalización de variables*

Variable	Dimensiones	Indicadores
	Actividades de Comisionamiento	Lista de actividades mecánico, eléctrico, instrumentación y control
Proponer un Plan de Comisionamiento	Plan de calidad	Métricas del Plan de Calidad
	Identificación de riesgos	Descripción del riesgo, tipo de riesgo, estimación del impacto

Nota: Información propia

1.8 Metodología de la Investigación

1.8.1 Unidades de Análisis

La unidad de análisis de donde obtendremos la información es del equipo Skyway instalado en el Molino Sag N° 1.

1.8.2 Tipo, enfoque y nivel de investigación

El enfoque utilizado es el Cuantitativo, siendo el nivel descriptivo. El tipo de investigación es no experimental cuantitativa, subdividiéndose en diseño transversal descriptiva.

1.8.3 Diseño de la Investigación

El presente trabajo de suficiencia es una investigación de tipo aplicada y el modo de investigación es de campo. Debido a que se han elaborado las actividades de

comisionamiento, plan de calidad y la identificación de riesgos, mediante técnicas de comisionamiento específicos propuestos por el PMI y de lo revisado en campo.

1.8.4 Fuentes de Información

El desarrollo de la propuesta del Plan de Comisionamiento, ha tomado como referencia, la información del área de Gestión de Proyectos en Minera Panamá.

1.8.5 Población y muestra

El estudio se ha realizado en las instalaciones de Minera Panamá, ubicado a 120 kilómetros hacia el oeste de la ciudad de Panamá y a 20 kilómetros de la costa caribeña. Este proyecto ocupa aproximadamente 5,900 hectáreas de las 13,600 hectáreas de la concesión. Actualmente la mina produce más de 300,000 toneladas de concentrado de cobre.

Figura 3

Ubicación Minera Panamá



Fuente: Pagina web (FQML, 2021).

El proyecto minero tiene cuatro áreas principales: Mina, Planta de Procesamiento, Central Eléctrica y Puerto Internacional.

El área de Molienda perteneciente a la Planta de Procesamiento (ver figura 4), está compuesto por tres Molinos Sag de igual tamaño, capacidad y potencia. Los tres Molinos Sag tienen dimensiones: diámetro 40 pies (12.19 metros), largo 26.7 (8.44 metros), motor eléctrico Gearless (sin engranajes) con potencia de 28,000 KWatts. Además, en el área de Molienda están instalados otros equipos como Molinos de Bolas, Bombas Horizontales, Hidrociclones, Zarandas, esos como equipos principales. La población estaría definida por los equipos del área de Molienda.

Cada Molino Sag tiene instalado un equipo Skyway para el retiro de revestimientos internos, es decir la muestra está conformada por tres Molinos Sag y tres equipos Skyway. En la figura 5 podemos apreciar el Skyway en el Molino Sag N° 1.

Figura 4

Área de Molienda - Planta de Procesamiento



Fuente: Pagina web (FQML, 2021).

Figura 5

Comisionamiento del Skyway en Molino Sag N° 1



Fuente: Foto tomada en instalaciones de Mina Panamá, 2019, propia autoría.

1.8.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se ha utilizado la técnica de análisis documental cuyos instrumentos de recolección de datos son los manuales del equipo, estándares del PMI y el estandar ISO9000, además de libros y estudios referidos al comisionamiento de equipos.

1.8.7 Análisis y Procesamientos de Datos

Los datos fueron procesados y se generaron las listas de actividades de comisionamiento, el plan de calidad y la evaluación de riesgos. El análisis esta alineado al cumplimiento de los objetivos del comisionamiento, que es proponer un plan de comisionamiento que cumpla con el tiempo y costos presupuestados.

CAPITULO II

2. Marco Teórico y Marco Conceptual

2.1 Marco teórico

En esta sección se abordarán las teorías y los conceptos clave más importantes, los cuales serán fundamentales para comprender adecuadamente el desarrollo de este trabajo de suficiencia.

2.1.1 *Plan del Proyecto*

Se define plan como la guía detallada que describe cómo se llevara a cabo un proyecto desde su inicio hasta su finalización. Incluye detalles sobre los entregables, los recursos necesarios, los plazos, los riesgos potenciales y cómo se gestionarán. (PMI, 2021).

2.1.2 *Plan de Calidad*

Un plan de calidad detalla cómo se asegurará que un producto o servicio cumpla con los estándares establecidos. Este documento define los pasos, las normas, quién es responsable de cada tarea y qué recursos se necesitan. El gráfico 5 muestra cómo se inicia y finaliza este proceso. (PMI, 2021).

Figura 6

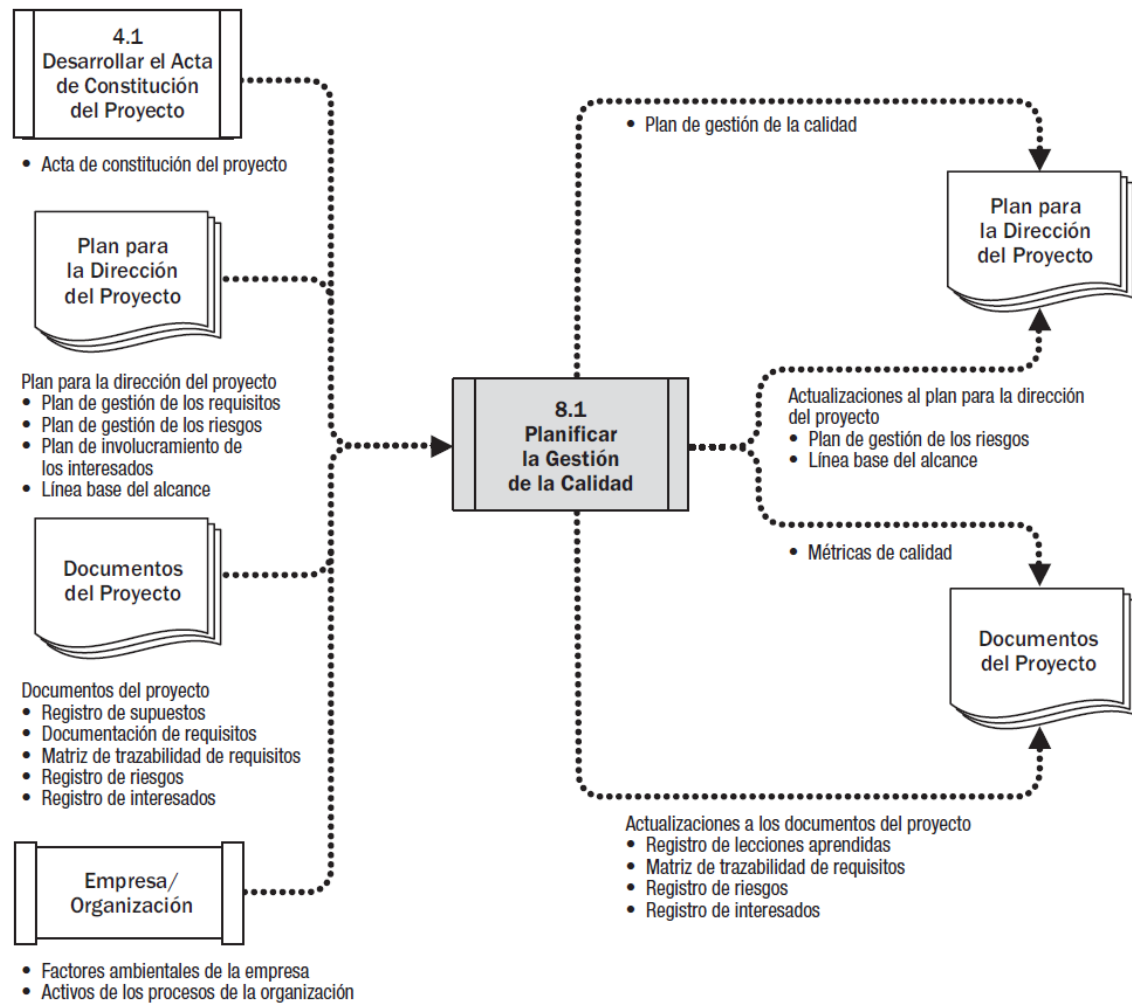
Planificar la Gestión de la Calidad



Fuente: Grafico tomado de (PMI, 2021).

Figura 7

Planificar la Gestión de la Calidad: Diagrama de Flujo de Datos



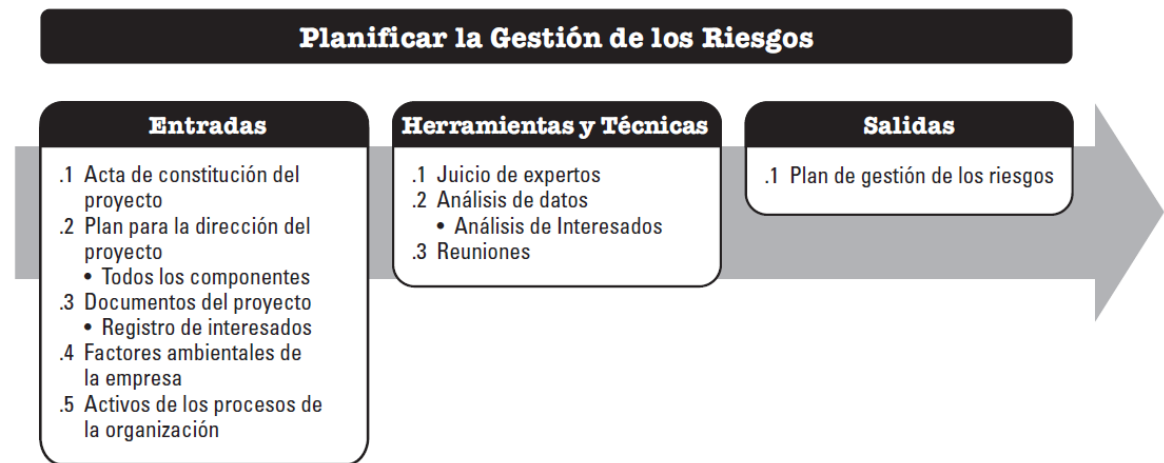
Fuente: Grafico tomado de (PMI, 2021).

2.1.3 Plan de Gestión de Riesgos

Este proceso establece un marco de trabajo para identificar, evaluar y mitigar los riesgos inherentes a un proyecto, empleando metodologías tanto cualitativas como cuantitativas (PMI, 2021).

Figura 8

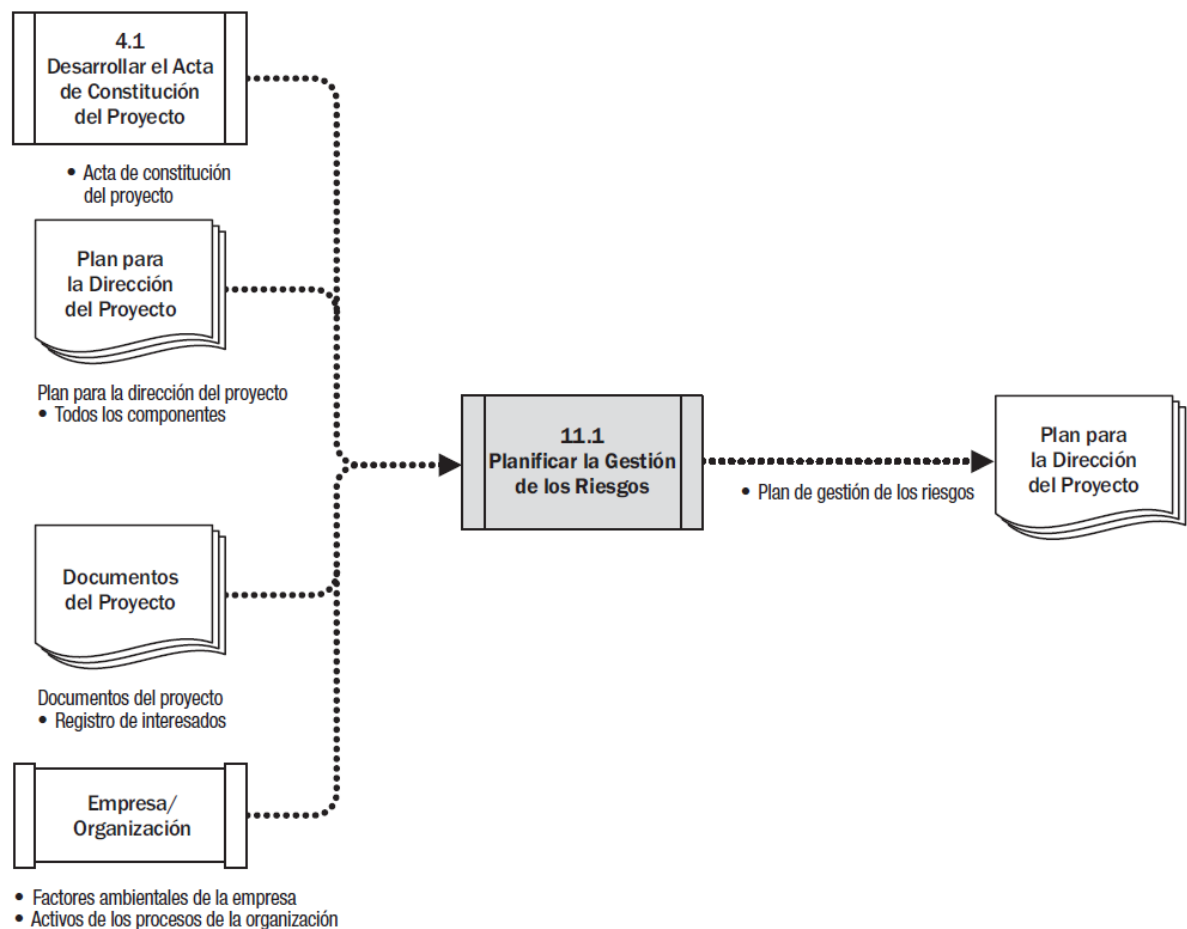
Planificar la Gestión de Riesgos: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas



Fuente: Grafico tomado de (PMI, 2021).

Figura 9

Planificar la Gestión de los Riesgos: Diagrama de Flujo de Datos



Fuente: Grafico tomado de (PMI, 2021).

La figura 8, muestra el diagrama de flujo de datos para el proceso.

2.1.4 Alcance del Proyecto

Es un acuerdo entre las partes interesadas que define lo que incluye el proyecto y los factores que determinan su éxito. Se trata de una descripción de las tareas y actividades necesarias para entregar un producto, servicio o resultado. (PMI, 2021).

2.1.5 Matriz de Probabilidad e Impacto

Constituye una herramienta visual indispensable para la evaluación comparativa de riesgos, al ponderar simultáneamente la probabilidad de ocurrencia y su potencial impacto. (PMI, 2021).

Figura 10

Ejemplo de Matriz de Probabilidad e Impacto con Esquema de Puntuación

		Amenazas					Oportunidades						
Probabilidad	Muy alta 0,90	0,05	0,09	0,18	0,36	0,72	0,72	0,36	0,18	0,09	0,05	Muy alta 0,90	Probabilidad
	Alta 0,70	0,04	0,07	0,14	0,28	0,56	0,56	0,28	0,14	0,07	0,04	Alta 0,70	
	Mediana 0,50	0,03	0,05	0,10	0,20	0,40	0,40	0,20	0,10	0,05	0,03	Mediana 0,50	
	Baja 0,30	0,02	0,03	0,06	0,12	0,24	0,24	0,12	0,06	0,03	0,02	Baja 0,30	
	Muy baja 0,10	0,01	0,01	0,02	0,04	0,08	0,08	0,04	0,02	0,01	0,01	Muy baja 0,10	
		Muy bajo 0,05	Bajo 0,10	Moderado 0,20	Alto 0,40	Muy alto 0,80	Muy alto 0,80	Alto 0,40	Moderado 0,20	Bajo 0,10	Muy bajo 0,05		
Impacto negativo						Impacto positivo							

Fuente: Grafico tomado de (PMI, 2021).

La figura 9, muestra una muestra de un esquema de puntuación numérica del riesgo.

2.1.6 Plan de Comisionamiento

Es un proceso que indica las actividades a ejecutar para poner en operación a un equipo o planta cumpliendo estándares operativos requeridos para iniciar su vida útil. Durante el proceso se deben registrar los parámetros obtenidos durante las pruebas con carga y sin carga. (Killcross, 2021).

2.1.7 Análisis Cualitativo de Riesgos

Es una herramienta esencial para evaluar y priorizar los peligros potenciales que pueden afectar un proyecto o actividad. Al considerar tanto la probabilidad de ocurrencia como la gravedad de las consecuencias, este método permite identificar los riesgos más críticos y tomar medidas preventivas. Es importante destacar que la precisión de este análisis depende en gran medida de la calidad y la exhaustividad de la información recopilada.

Figura 11

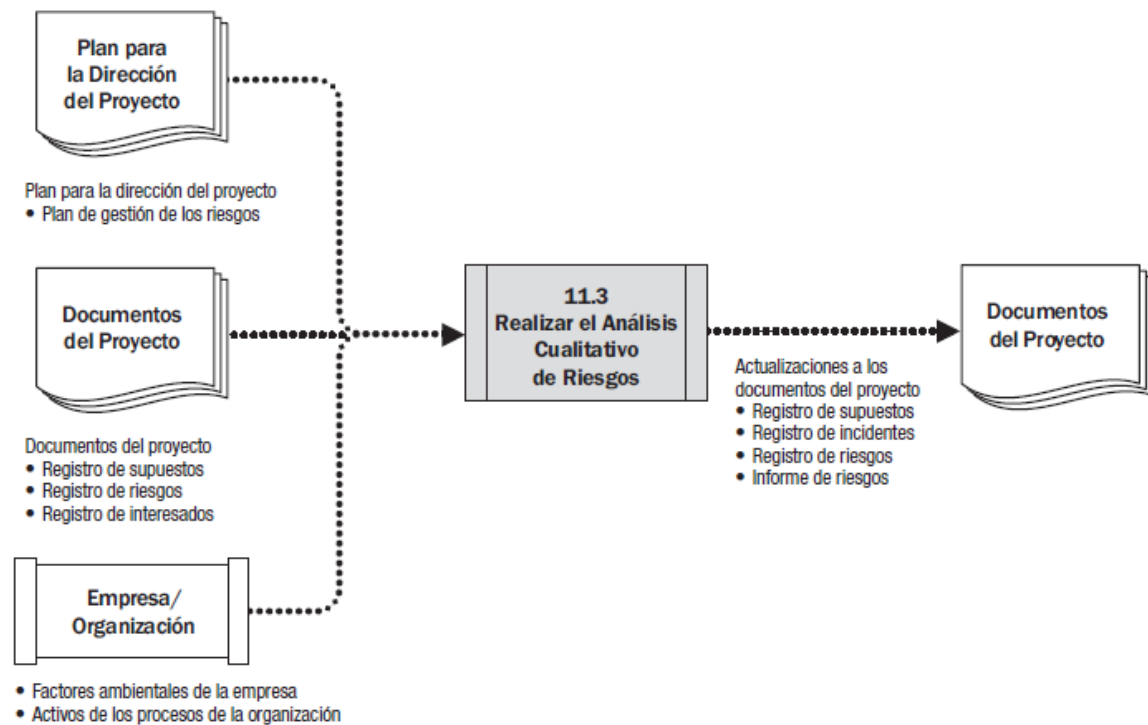
Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos



Fuente: Grafico tomado de (PMI, 2021).

Figura 12

Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos: Diagrama de Flujo de Datos



Fuente: Grafico tomado de (PMI, 2021).

Para realizar una evaluación inicial cualitativa de los riesgos en un proyecto, es necesario:

- Registro de Riesgos.
- Plan de Gestión de Riesgos.
- Declaración del Alcance del Proyecto.

2.1.8 Prueba de Funcionamiento

También conocidas como pruebas funcionales, son un tipo de pruebas que sirve para evaluar si un sistema satisface las expectativas del cliente. Se comparan las funciones con los requisitos correspondientes para determinar si el resultado se ajusta a las expectativas del usuario.

2.1.9 Sistema

Es un conjunto de procesos y gestiones que se enfocan en todos los aspectos que precisan los proyectos (PMI, 2021).

2.1.10 Subsistema

Un subsistema es un conjunto de componentes, dispositivos o elementos.

2.1.11 Procedimiento

Un procedimiento es un conjunto de pasos detallados que guían la ejecución de una tarea dentro de un proceso.

2.1.12 Registro

Es un documento formal que detalla un acontecimiento específico, proporcionando una constancia escrita de la actividad realizada y los resultados obtenidos

2.1.13 Documento

Es un elemento esencial en el ámbito jurídico, ya que sirve como prueba de hechos.

2.2 Marco Conceptual

2.2.1 Calibración

Proceso sistemático que relaciona las indicaciones de un instrumento con los valores reales de una magnitud, mediante la comparación con patrones de referencia

2.2.2 Verificación

Verificar algo es comprobar que cumple con lo que se espera de ello, como si funcionara correctamente o si tiene las características que se anuncian."

2.2.3 Ajuste

Es el proceso de modificar un instrumento de medición para que sus resultados sean lo más exactos posible

2.2.4 Molinos Semi-Autogenos (Molinos Sag)

Es un equipo utilizado en plantas de procesamiento de minerales para triturar rocas disminuyendo su tamaño. Estos molinos son conocidos por su alta potencia y capacidad de reducción de tamaño, lo que permite simplificar el proceso de molienda al eliminar etapas intermedias.

Los molinos SAG funcionan con una combinación de rocas de mineral y bolas de acero, que ayudan a moler el mineral mientras el tambor del molino gira. Son eficientes tanto en molienda en seco como en húmedo y se utilizan para procesamiento de minerales como cobre, plomo, zinc, hierro, baritina, fosfatos y amianto.

2.2.5 Partes de un Molino Sag

El Molino SAG se compone de un cilindro, tapas de alimentación y descarga, descansos o trunnions, sistema eléctrico de accionamiento, componente de alimentación, componente de descarga, revestimiento interior o Liners, además de un sistema de lubricación.

- ***Cilindro del Molino***

El cilindro del molino ó Shell es de acero con perforaciones para sujetar el revestimiento interior, el cilindro usualmente viene en secciones para su transporte y manipulación durante el ensamble.

En los extremos del cilindro van sujetos mediante pernos las tapas del molino, para esto, las partes en contacto son maquinadas para lograr superficies paralelas y excéntricas.

- ***Tapas del Molino***

Los molinos cuentan con dos tapas: tapa de alimentación y tapa de descarga, ubicado al ingreso y salida del molino respectivamente. Las Tapas del Molino se hacen ya sea de hierro fundido, hierro dúctil o acero fundido. Además, las Tapas del Molino se perforan para la fijación de los revestimientos de ingreso y salida o placas de cabezal.

- ***Descansos del Molino***

Los Molinos están soportado por dos cojinetes hidrostáticos del muñón. La característica de un cojinete hidrostático es ofrecer una alta capacidad de transporte de carga, lograda por medio de aceite presurizado proveniente de un sistema de lubricación independiente, el cual se aplica en la separación entre las superficies deslizantes. Cada cojinete consta de cuatro cojinetes de zapata hidrostática radiales (pads), o segmentos, desarrollados específicamente para ser usados en aplicaciones de alta carga, con grandes diámetros de apoyo. El cojinete del muñón en el extremo impulsor del molino es “fijo”, lo que significa que es provisto con un carril de fuerza axial hidrostática diseñado especialmente, que mantiene al molino en una posición axial fija. El cojinete del muñón en el extremo no impulsor del molino es “flotante”, para permitir la expansión térmica del molino y los movimientos

menores en los cimientos u otros componentes del molino. Se suministra aceite de alta presión a ambos cojinetes proveniente de una unidad de lubricación común.

- ***Freno del Molino***

El sistema de frenos del molino desempeña un papel fundamental en su operación segura, garantizando la parada controlada en situaciones de emergencia y facilitando las tareas de mantenimiento. Su diseño robusto permite soportar cargas pesadas y mantener el molino en posición estable, incluso en condiciones operativas adversas.

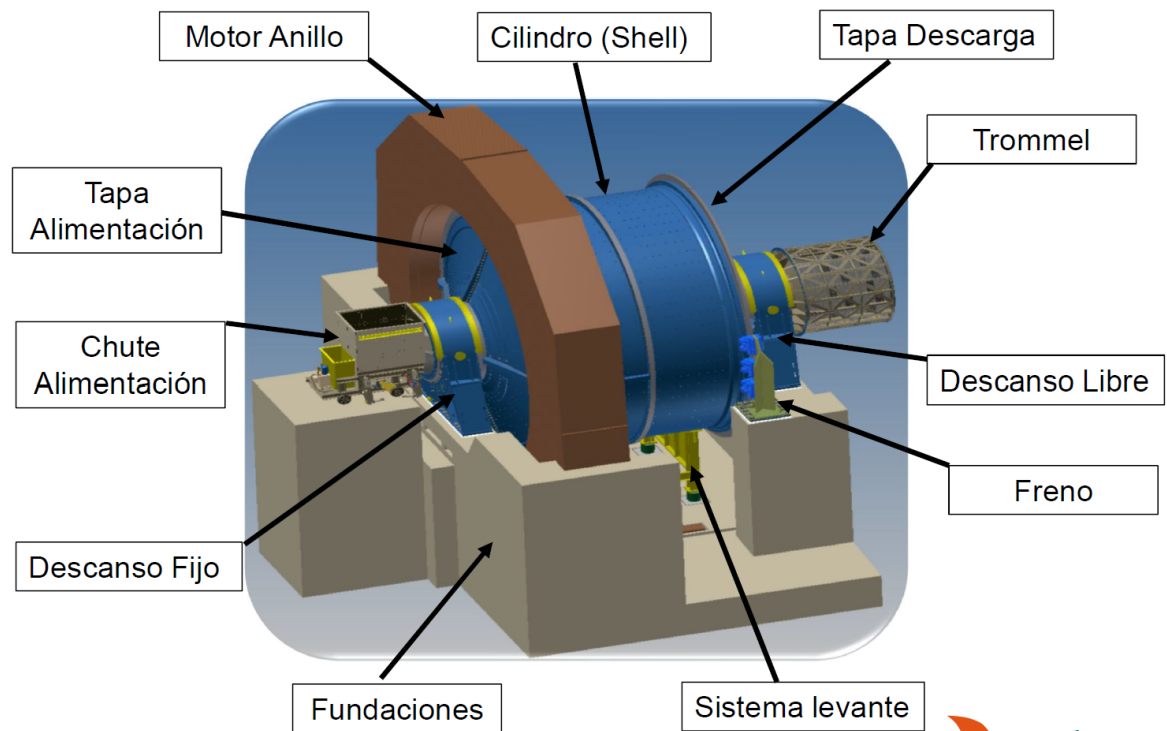
Los conjuntos de frenos (caliper) utilizan la brida de la tapa del molino del extremo opuesto al del accionamiento del molino como disco del freno.

- ***Revestimiento del Molino***

Son componentes fabricados en acero de distintas aleaciones, capaces de resistir el impacto y abrasión entre las bolas de acero, que vienen a ser el medio de molienda, y el mineral a triturar. Los revestimientos también denominados liners, están instalados en todo el interior del Molino y son sujetados por medio de pernos especiales, los pernos se colocan desde el interior del Molino y las tuercas son colocadas o retiradas desde el exterior del cilindro. Ver figuras 6 y 7.

Figura 13

Componente Principales del Molino Sag



© Metso

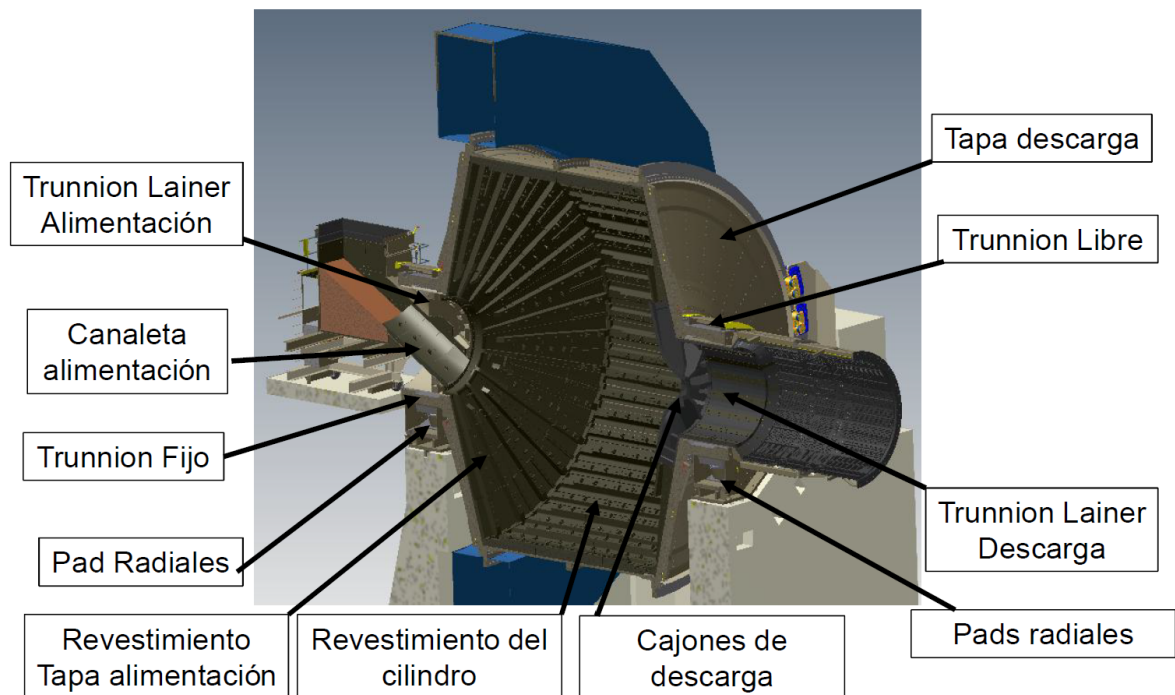
Jose Arriagada T. / Abril 2019

Fuente: Manual de entrenamiento de (Metso, 2019).



Figura 14

Componentes Internos del Molino Sag



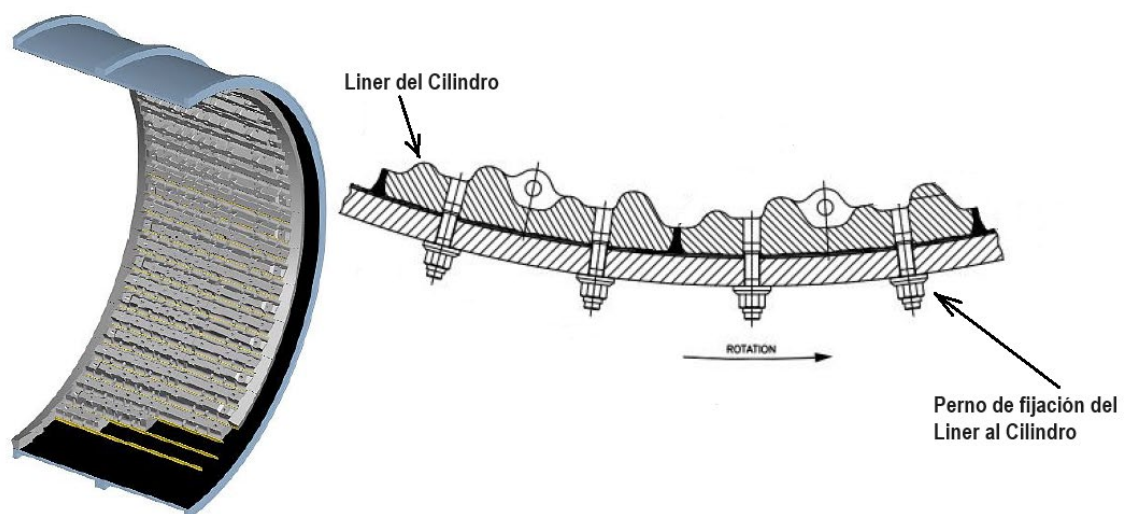
© Metso Jose Arriagada T. / Abril 2019



Fuente: Manual de entrenamiento de (Metso, 2019)

Figura 15

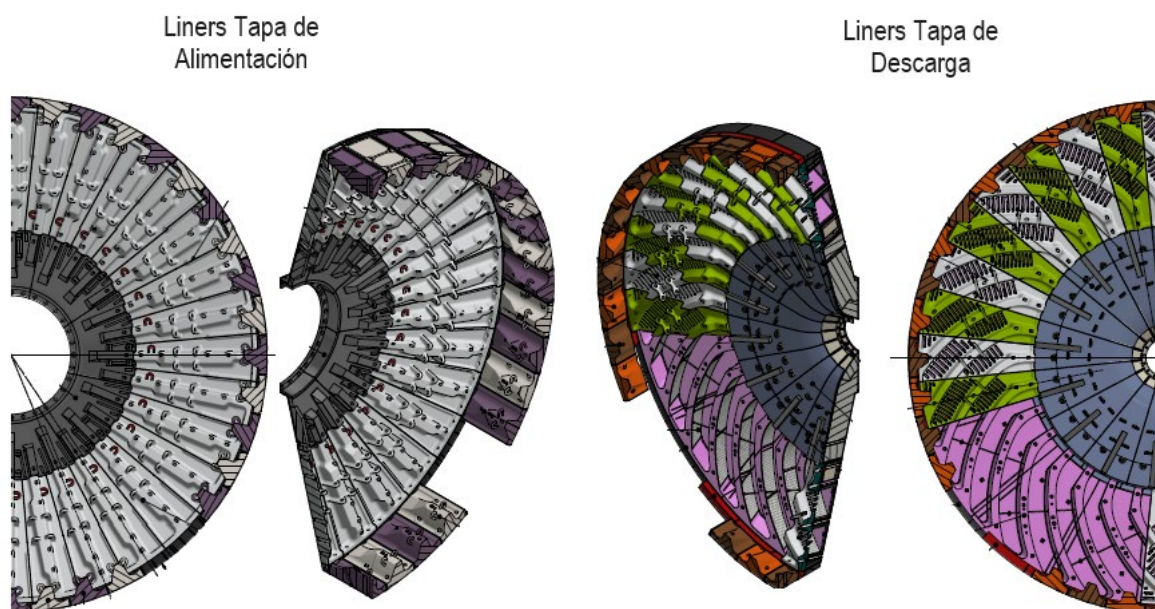
Liners del Cilindro



Fuente: Manual de entrenamiento de (Metso, 2019).

Figura 7

Liners Tapas de Alimentación y Descarga



Fuente: Manual de entrenamiento de (Metso, 2019).

2.2.6 Skyway

El Skyway es un sofisticado sistema de pórtico mecanizado de ejes múltiples, construido a medida para acoplarse estrechamente al contorno del exterior del molino. Su propósito es respaldar la suspensión, el posicionamiento automatizado y el desplazamiento de los martillos sin retroceso THUNDERBOLT y los módulos de plataforma elevadora para operadores y tripulación. El Skyway ofrece una manera acelerada e inherentemente más segura de quitar pernos de revestimiento desgastados durante la etapa de encaje del revestimiento del molino. Para ello, elimina la necesidad de que el equipo de cambio de revestimiento guíe manualmente los martillos sin retroceso a su posición. En su lugar, ofrece suspensión de martillo, guía y control de disparo semiautomáticos, consistentemente rápidos y suaves a través de control remoto. El Skyway también ofrece acceso ergonómico a una mayor cantidad de pernos de revestimiento y se

extiende mucho más allá del alcance humano. Esto reduce drásticamente la frecuencia de los ciclos de avance lento que consumen mucho tiempo, lo que contribuye al método más rápido jamás ideado para la eliminación de pernos de revestimiento desgastados. Lo más importante es que se mejora la seguridad.

La tecnología SKYWAY reduce significativamente las horas relativas de exposición al riesgo fuera del molino durante el cambio de revestimiento. Elimina numerosas tareas manuales peligrosas, incluida la necesidad de que los miembros de la tripulación trabajen cerca de cargas suspendidas y peligros en altura.

Figura 16

Skyway en Cobre Panamá



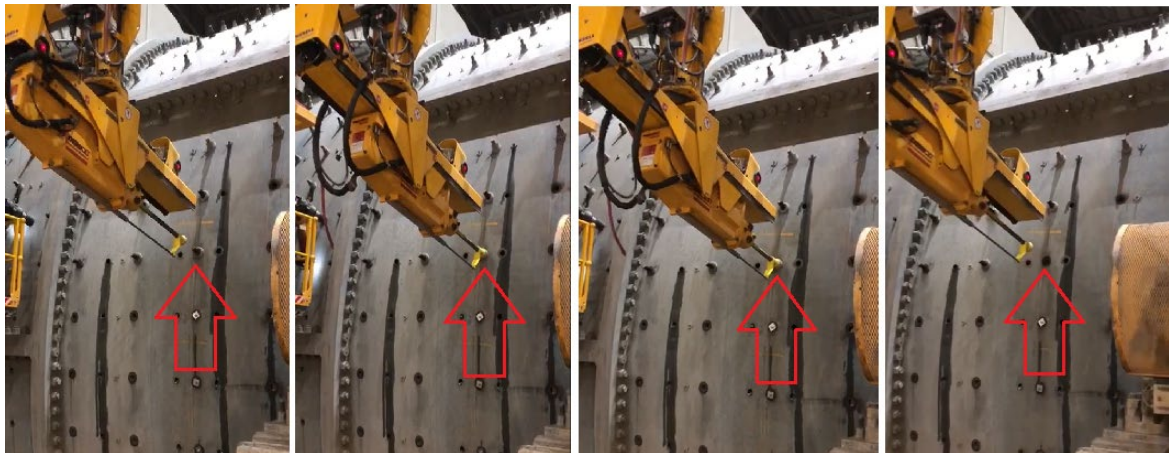
Fuente: Foto tomada en instalaciones de Minera Panamá, se muestra el equipo Skyway durante el Comisionamiento en el Molino Sag N°1.

En la figura 8, se muestra de izquierda a derecha la secuencia de retiro del perno mediante el uso del martillo del Skyway, el perno amarra el liner al cilindro. El martillo del Skyway se posiciona previamente en la dirección del perno que amarra el liners, esto se realiza mediante el uso del joystick, luego se posiciona la punta del martillo sobre la cola del perno, finalmente se da pase al golpe mediante el martillo hidráulico, el perno que se

encuentra a presión en el agujero del liner sale con facilidad cayendo al interior del molino. El martillo aplica una energía de 1,500 Joules sobre el perno.

Figura 17

Secuencia de ataque del martillo en Skyway



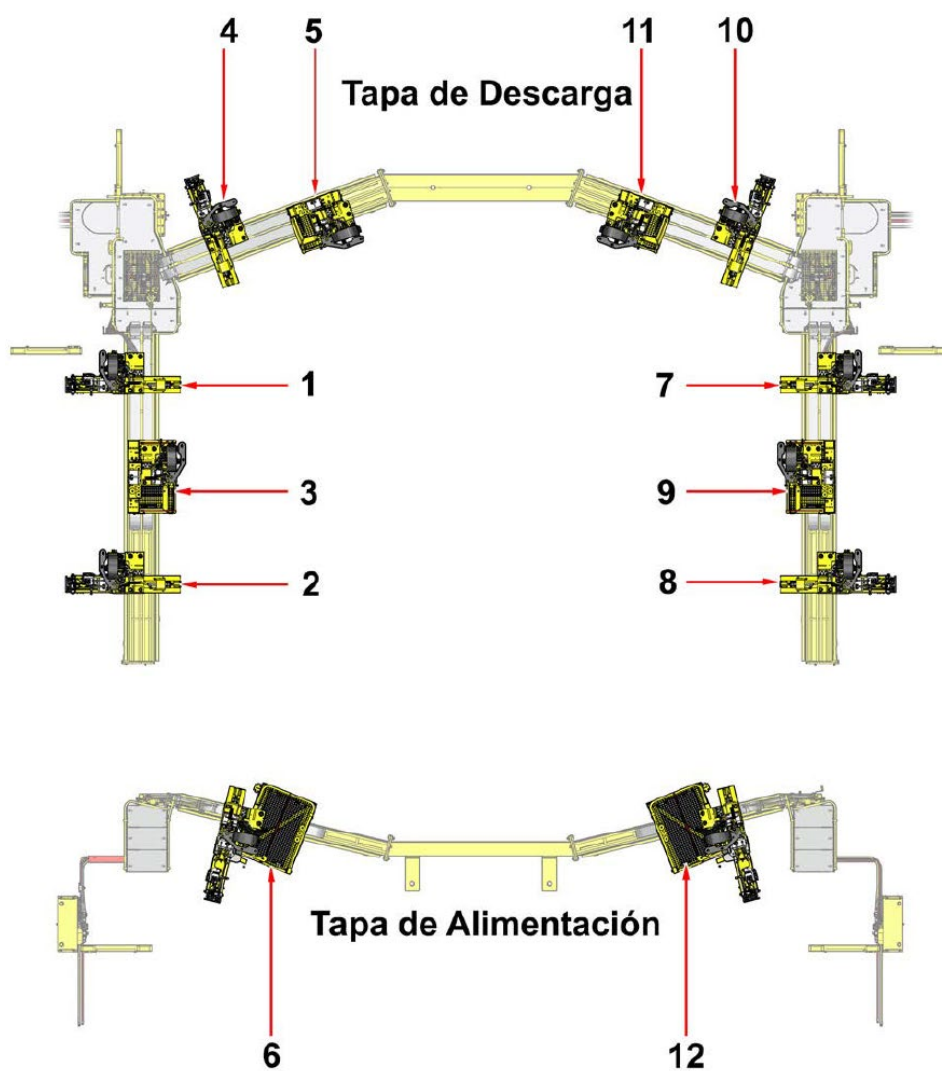
Fuente: Foto tomada en instalaciones de Minera Panamá, se muestra el equipo Skyway durante el retiro de pernos de amarre de liners en el cilindro, Molino Sag N°1.

2.2.7 Partes Principales del Skyway

Cada uno de los módulos de SKYWAY tiene asignado un número específico del 1 al 12. Estos números permiten identificar cada uno de los módulos y su ubicación operacional.

Figura 18

Partes Principales del Skyway



Fuente: Manual de Operación del Skyway. Russell Mineral Equipment.

Tabla 3*Partes Principales del Skyway*

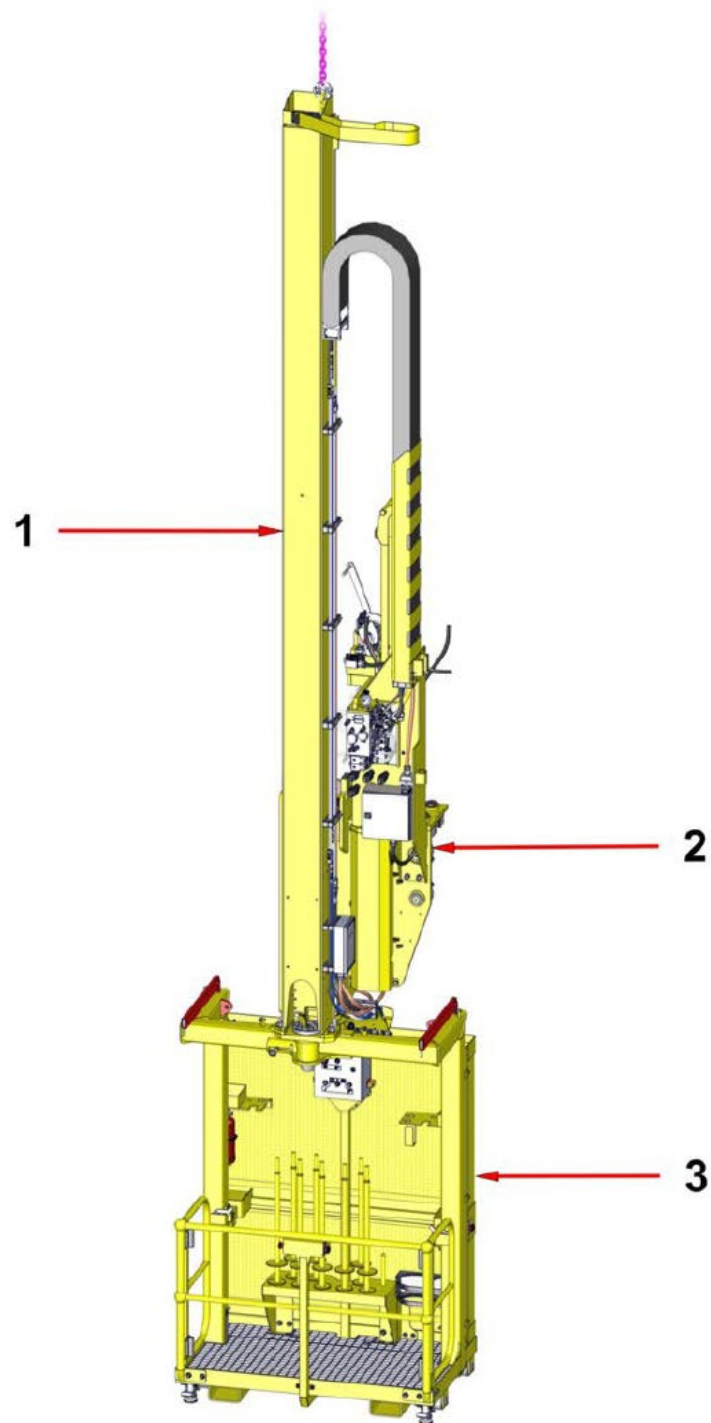
Módulo	Tipo de Equipo
1	Módulo Martillo Izquierda
2	Módulo Martillo Izquierda
3	Módulo de Plataforma - Izquierda Cilindro
4	Módulo Martillo Izquierda
5	Módulo de Plataforma - Izquierda Descarga
6	Módulo Combinación Izquierda
7	Módulo Martillo Derecha
8	Módulo Martillo Derecha
9	Módulo de Plataforma - Derecha Cilindro
10	Módulo Martillo Derecha
11	Módulo de Plataforma - Derecha Descarga
12	Módulo Combinación Derecha

2.2.7.1 Módulos Plataforma

Este ensamble se compone del Transportador, Mástil y Plataforma Móvil. Tiene por función principal que los mecánicos suban a la Plataforma Móvil y puedan retirar las tuercas de los pernos que sujetan a los revestimientos de acero del Molino Sag. La Plataforma Móvil puede trasladarse sobre el Mástil (eje Y) y sobre el Riel (eje X). De acuerdo con la figura 4, serían los números 3, 5, 11 y 9.

Figura 19

Módulos Plataforma



Fuente: Manual de Operación del Skyway. Russell Mineral Equipment.

Tabla 4*Módulo de Plataforma*

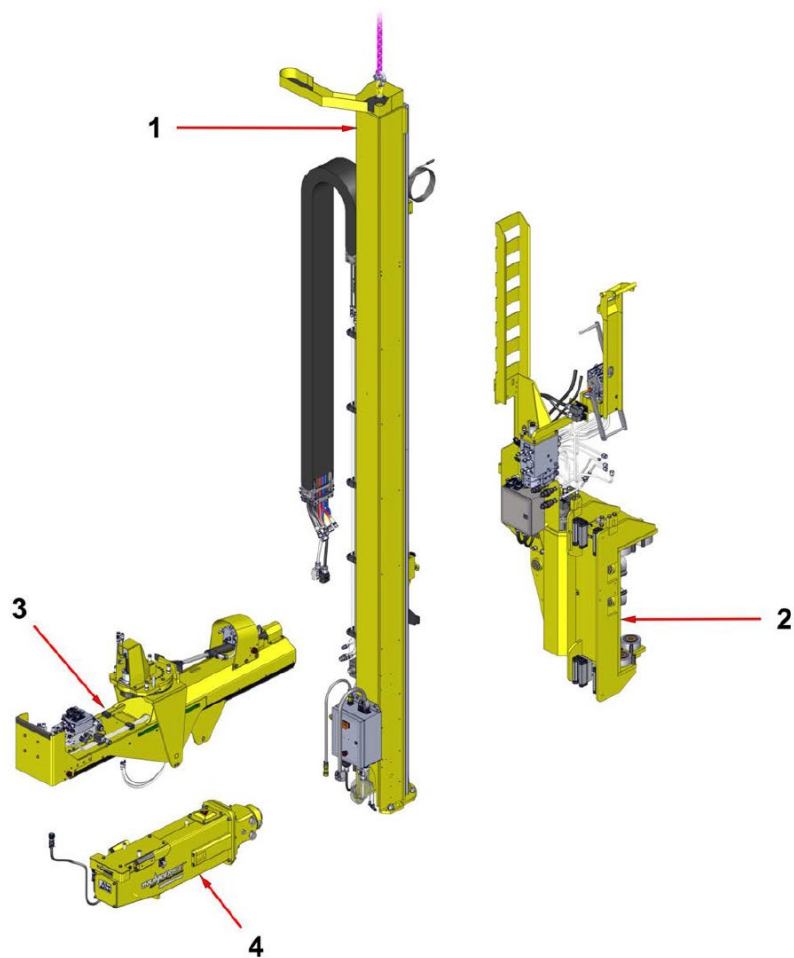
N°	Módulo de Plataforma
1	Mástil
2	Transportador
3	Plataforma Móvil

2.2.7.2 Módulos del Martillo

Este ensamblaje se compone del Transportador, Mástil, Armazón y Martillo. De acuerdo con la figura 4, serían los números 1, 2, 4, 7, 8 y 10. La función principal de este modulo es el de llevar el Martillo, pudiendo trasladarse sobre el Mástil en el eje Y y sobre el Riel (eje X). Además, el Martillo comprende de una tornamesa en donde puede girar a la izquierda y derecha (sobre su eje Y) y de unos cilindros a gas que le dan la posibilidad de girar sobre su eje X. Brindando la funcionalidad de ubicarse sobre los pernos (cola) y realizar el golpe preciso para su expulsión al interior del Molino Sag.

Figura 20

Módulos del Martillo



Fuente: Manual de Operación del Skyway. Russell Mineral Equipment.

Tabla 5

Módulo del Martillo

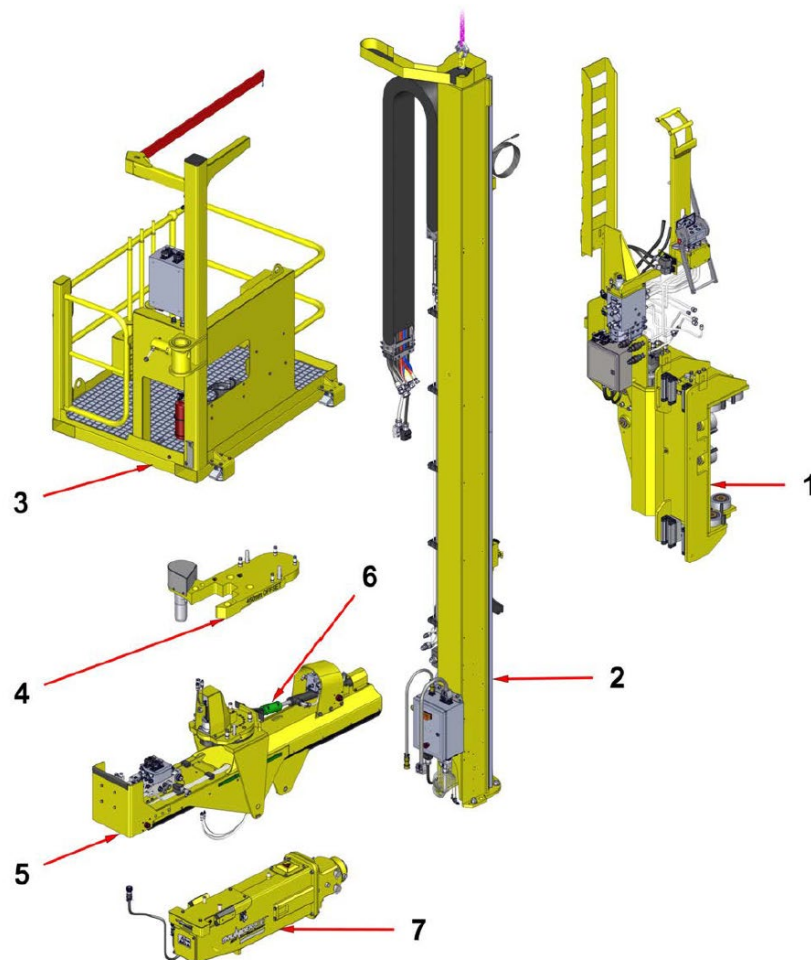
N°	Módulo del Martillo
1	Mástil
2	Transportador
3	Armazón
4	Martillo

2.2.7.3 Módulos de Combinación

Este ensamble se compone del Transportador, Mástil, Armazón, Martillo y Plataforma Móvil. Su función principal es de llevar el Transportador y el Martillo. Pudiendo trasladarse sobre el Mastil en el eje Y y sobre el Riel en el eje X. De acuerdo a la figura 4, serían los números 6 y 12.

Figura 21

Módulos de combinación



Fuente: Manual de Operación del Skyway. Russell Mineral Equipment.

Tabla 6*Módulo de Combinación*

N°	Módulo de Combinación
1	Transportador
2	Mástil
3	Plataforma Móvil
4	Grupo Adaptador
5	Armazón
6	Grupo Collarín
7	Martillo

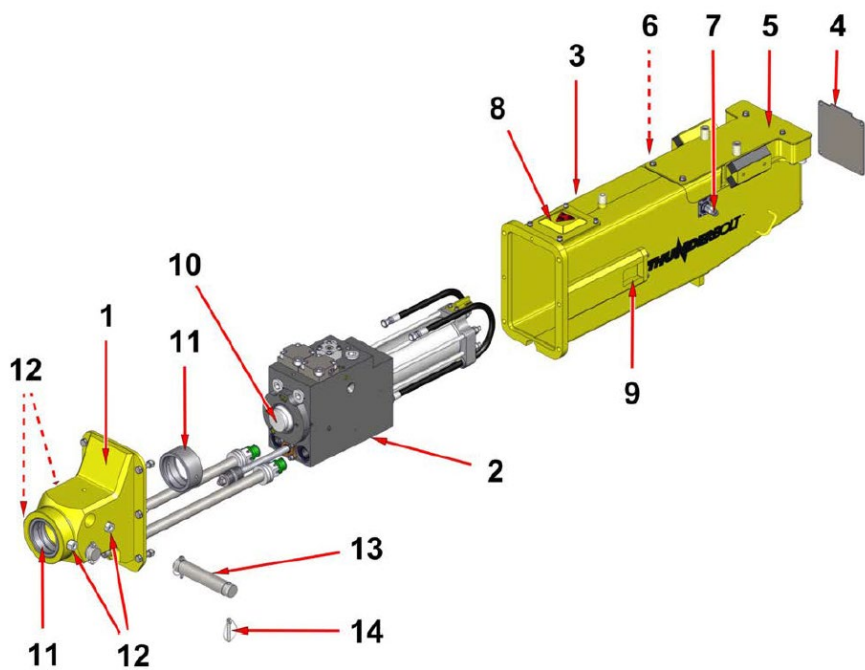
2.2.7.4 Disposición del Martillo

Es una herramienta de percusión que aprovecha la energía hidráulica para generar impactos de gran potencia sobre un punto específico. Un sistema de presión acumula energía en el pistón, el cual, al activarse, golpea un percutor, transmitiendo así una fuerza considerable al objetivo. La energía entregada por el Martillo es de 1500 Joules.

El Martillo cuenta con sensores de proximidad (ultrasónico) y de posición (encoders) para un óptimo posicionamiento.

Figura 22

Disposición del Martillo



Fuente: Manual de Operación del Skyway. Russell Mineral Equipment.

Tabla 7

Disposición del Martillo

N°	Disposición del Martillo
1	Naris
2	Cuerpo
3	Carcasa
4	Tapa trasera
5	Cubierta del mando de control
6	Puerto hidráulico "A"
7	Puerto hidráulico "B"
8	Cubierta del escape
9	Montaje pivote del martillo
10	Pistón

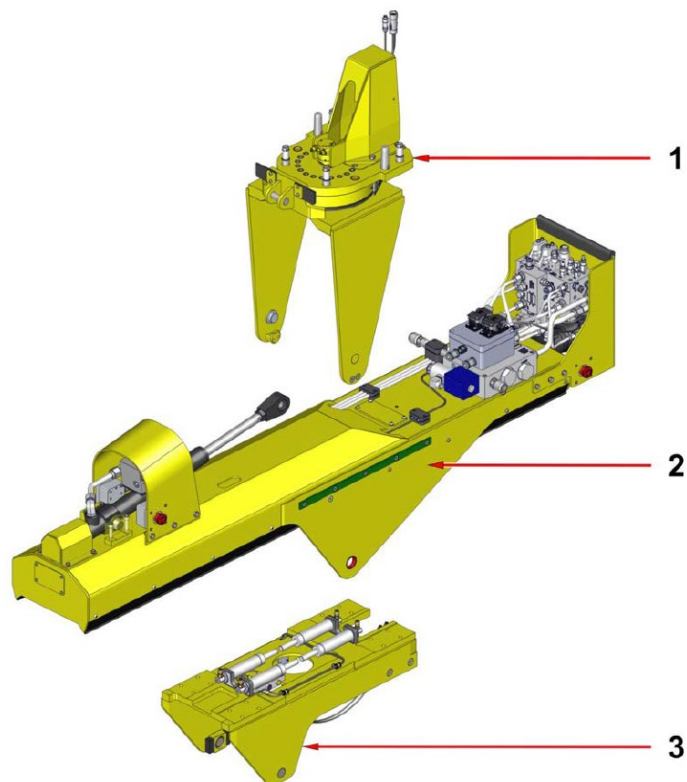
11	Buje de la punta
12	Pasadores de retención de la punta
13	Pasadores de la punta
14	Pasadores de seguridad

2.2.7.5 Disposición del Armazón del Martillo

El Martillo de una tornamesa el cual puede girar sobre el Y, $+90^{\circ}/-90^{\circ}$ nominal. El transportador del armazón del martillo dispone de cilindro a gas (Nitrógeno) el cual le brinda el giro sobre el eje X, $+20^{\circ}/-20^{\circ}$ nominal.

Figura 23

Disposición del Armazón del Martillo



Fuente: Manual de Operación del Skyway. Russell Mineral Equipment.

Tabla 8

Armazón del Martillo

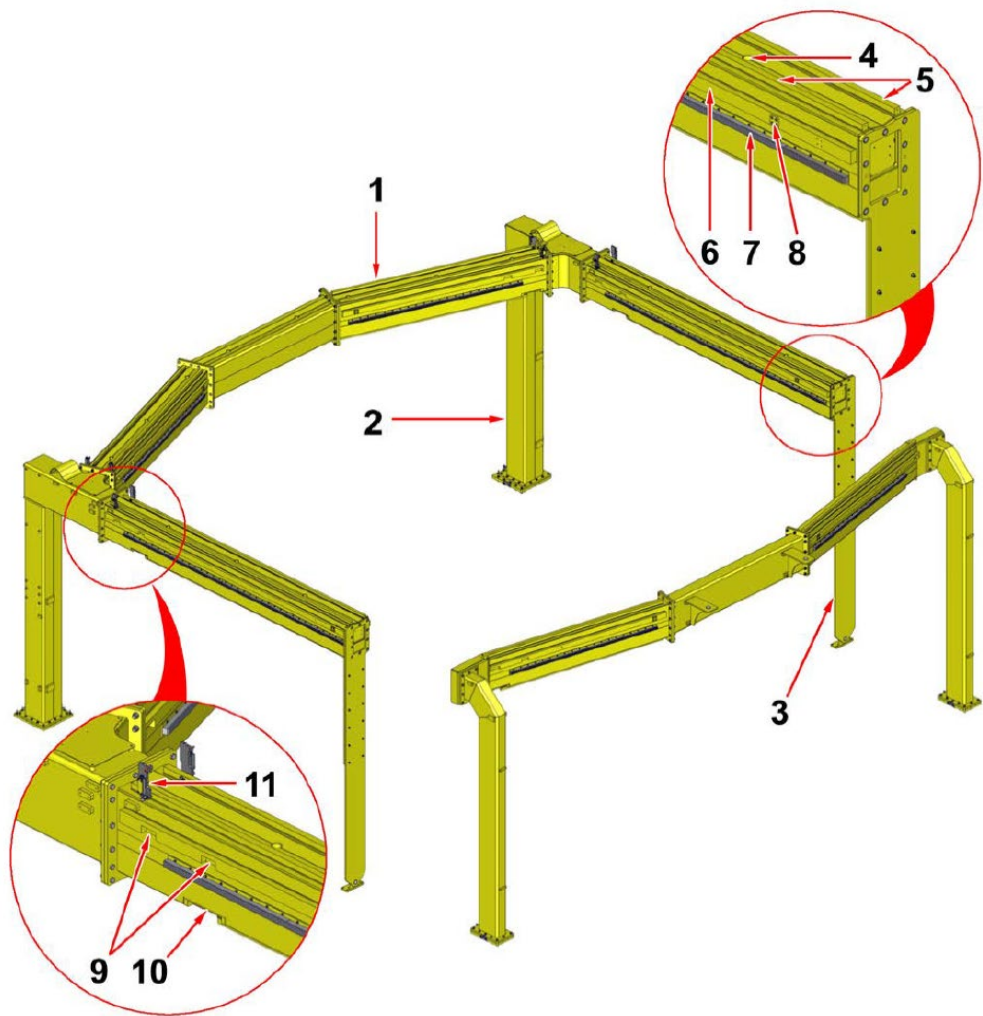
N°	Armazón del Martillo
1	Tornamesa del Armazón del Martillo
2	Armazón del Martillo
3	Transportador del Armazón del Martillo

2.2.7.6 Estructura del Skyway

La estructura del Skyway cumple la función principal de brindar traslación a los distintos módulos mediante los Rieles.

Figura 24

Estructura del Skyway



Fuente: Manual de Operación del Skyway. Russell Mineral Equipment.

Tabla 9

Estructura del Skyway

Módulo	Estructura del Skyway
1	Riel
2	Torre
3	Brazo de torque
4	Agujero de drenaje

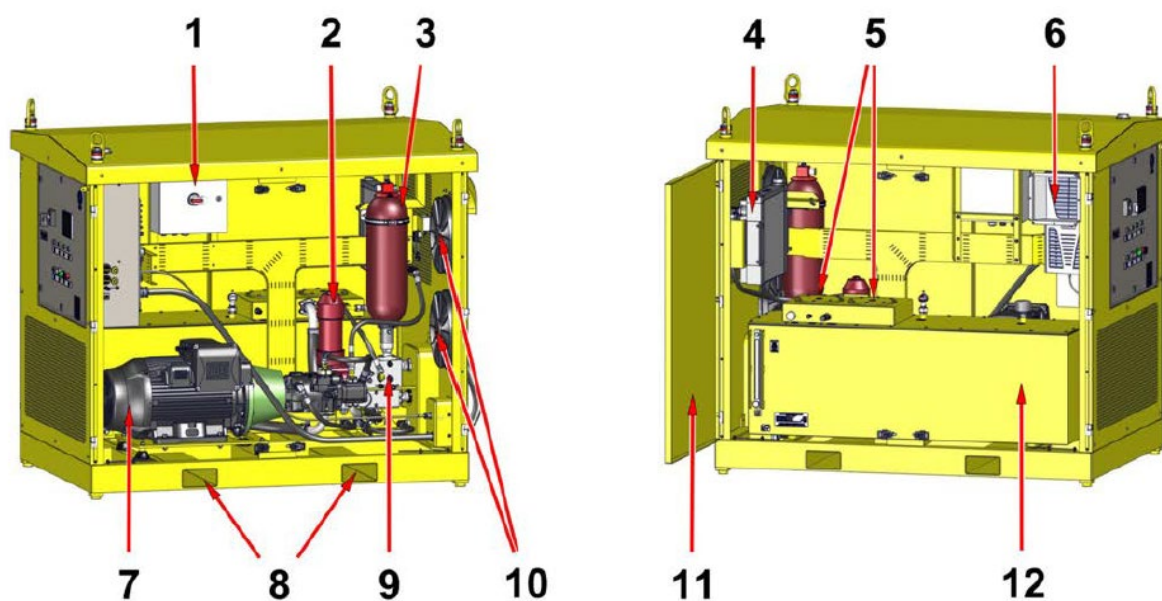
5	Rieles superiores
6	Rieles laterales
7	Cremallera
8	Tope (fijo)
9	Rebajes para los rodillos laterales
10	Rebajes para los rodillos inferiores
11	Tope (funcional)

2.2.7.7 Unidad Potencia Hidráulico

La Unidad de Potencia Hidraulica brinda la potencia hidráulica requerida a los distintos módulos para el correcto funcionamiento del Skyway. La unidad hidráulica es de 55kW, 460 V, 60Hz

Figura 25

Unidad Potencia Hidráulico



Fuente: Manual de Operación del Skyway. Russell Mineral Equipment.

Tabla 10*Unidad Potencia Hidráulico*

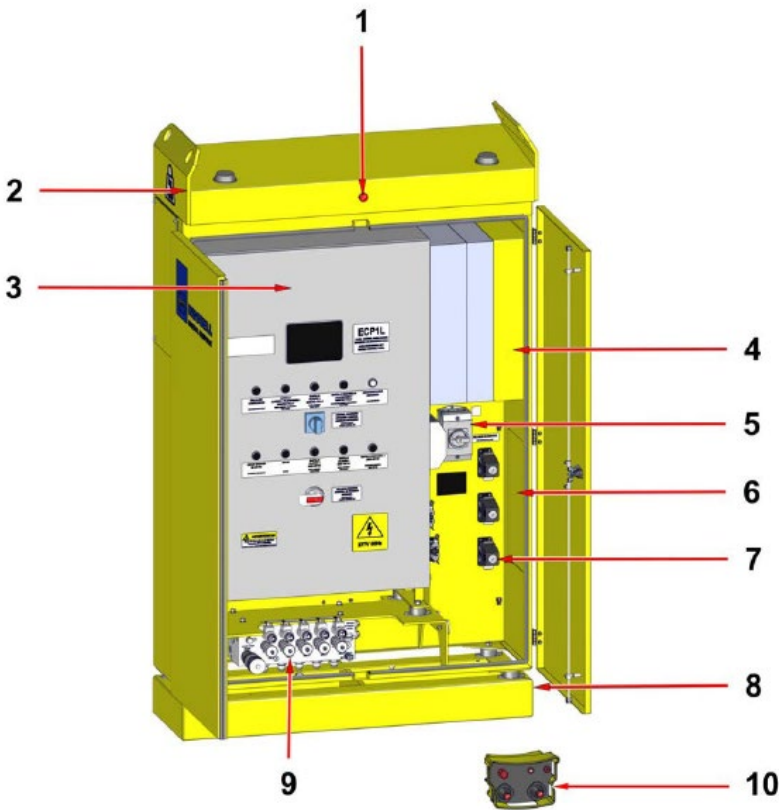
N°	Unidad Potencia Hidráulico
1	Disyuntor para suministro de 277 VAC para el calentador del motor y deshumidificador
2	Filtro de presión hidráulica
3	Acumulador
4	Enfriador de aceite
5	Filtros de retorno hidráulico
6	Aire acondicionado
7	Motor eléctrico
8	Cavidades para dientes de grúa horquilla
9	Manifold hidráulico
10	Ventiladores de enfriamiento
11	Puerta del gabinete
12	Estanque hidráulico

2.2.7.8 Gabinete de Alimentación y Control

El Panel de Control es la consola principal del Skyway, donde se controlan los módulos, sistema hidráulico del sistema, sistema eléctrico, neumático y aire acondicionado.

Figura 26

Gabinete de Alimentación y Control



Fuente: Manual de Operación del Skyway. Russell Mineral Equipment.

Tabla 11

Gabinete de Alimentación y Control

Nº	Gabinete de Alimentación y Control
1	Luces de advertencia de error
2	Gabinete
3	Panel de Control de Habilitación
4	Panel para acceder al aire acondicionado
5	Aislador de servicio
6	Panel para acceder a los controles colgantes
7	Enchufes con bucle de retorno para puentear el control colgante
8	Bases del gabinete

	 Subir el Mástil
2	Botón Joystick N°1: Rastreo Manual/Expulsión Automática
3	Pantalla. Muestra información para el control remoto colgante
4	El Joystick N°2 tiene cuatro funciones
	 Presión de avance alta/rotación de la herramienta de torque en el sentido de las agujas del reloj
	 Presión de avance baja/rotación en sentido antihorario de la herramienta de torque
	 Avanzar Martillo
	 Retraer Martillo
5	Botón Joystick N°2: Disparo del Martillo/Torque Alto
6	Botón Joystick N°3: Rastrear Punta
7	El Joystick N°3 tiene cuatro funciones
	 Giro Martillo Derecha
	 Giro Martillo Izquierda
	 Inclinación Martillo hacia abajo
	 Inclinación Martillo hacia arriba

2.2.8 Comisionamiento

Es un enfoque estructurado, metodológico y sistemático para demostrar que la planta recién construida cumple con la intención de diseño de los equipos y sistemas. El comisionamiento se divide en tres categorías; los tres componen el todo y el total.

- **Pre-Comisionamiento**

Son las actividades realizadas durante la construcción que preparan y posibilitan un sistema para pasar a la fase principal de comisionamiento.

- **Comisionamiento**

Aquí se ponen primero en funcionamiento los distintos sistemas y equipos, operación inicial de sistemas de servicios, aire instrumental, agua de refrigeración y uso general. Los sistemas de proceso centrales se ponen en funcionamiento por primera vez, se somete a pruebas de fugas, pruebas de operación según requerimientos de planta, todo para garantizar que los equipo funcionen según lo diseñado.

- **Puesta en Marcha**

Los equipos fueron entregados al equipo de operaciones y están operando a condiciones de diseño.

2.2.9 Fases del Comisionamiento

De acuerdo al libro Chemical and Process Plant Commissioning Handbook, Martin Killcross, define tres fases principales para el comisionamiento:

Figura 28

Fases principales del Comisionamiento



2.2.9.1 Preparar

Las actividades a realizar para configurar la puesta en servicio, recopilar información, seleccionar la puesta en servicio equipo, desarrollar el cronograma, establecer la estrategia y crear sistemas de documentación.

Las principales actividades de esta fase son:

- Designar al responsable del Comisionamiento.
- Definir el alcance del Comisionamiento.
- Sistematizar la planta utilizando los diagramas de instrumentos y tuberías (P&ID) del proyecto y otros documentos de ingeniería relevantes, incluidos dibujos de diseño, diagramas de flujo mecánico, diagramas unifilares y dibujos de arquitectura de control en los sistemas de Comisionamiento.
- Integre los sistemas de Comisionamiento en los documentos de ingeniería, índices de instrumentos, P&ID, listas de equipos y planes de adquisiciones.
- El equipo de Comisionamiento previo acuerdo con el Gerente de Proyecto y los Gerentes de Puesta en Servicio, asistirá a las siguientes revisiones; P&ID, Isométrico de tuberías, Layout de Planta, Constructibilidad, modelo 3D, cronogramas.
- Compilar el cronograma de Comisionamiento.
- Compilar la estimación/presupuesto de puesta en servicio.
- Desarrollar roles y responsabilidades del equipo.
- Acordar el procedimiento de interfaz/traspaso con el proyecto, el cliente y los grupos de construcción.
- Obtener documentos pertinentes y relevantes y establecer bibliotecas electrónicas
- Asistir al estudio de peligros y riesgos.
- Comenzar Análisis de riesgos del Comisionamiento.
- Compilar el plan de Comisionamiento, estrategia y documentos de la filosofía.

- Configure el lugar y recopile la lista de consumibles y listas de materiales para el Comisionamiento.
- Determine los productos químicos o aceites lubricantes de llenado inicial y adquiera.
- Crear manual de comisionamiento.
- Compilar procedimientos estándar de operación (SOP).
- Compilar paquetes de entrenamiento.
- Desarrollar un plan de seguridad para el Comisionamiento.
- Acordar sistemas seguros de trabajo con todas las partes interesadas
- Compilar procedimientos de Comisionamiento.
- Desarrollar un sistema de seguimiento del progreso del Comisionamiento.
- Desarrollar un sistema de preparación para el Comisionamiento.
- Desarrollar criterios y sistemas adecuadamente experimentados y calificados para el equipo de Comisionamiento.
- Determinar el sistema para la corrección de fallas (no se cumple la intención del diseño).

2.2.9.2 Implementar

Esta fase, tradicionalmente percibida como “comisionamiento”, examina las facetas que abordan la instalación, verificación y puesta en marcha de los nuevos equipos.

Las principales actividades de esta fase son:

- Asistir a las pruebas de aceptación y preentrega de equipos en fábrica.
- Revisión de la especificación de diseño funcional.
- Verifique el progreso y la calidad de la construcción.
- Iniciar el registro del Comisionamiento.
- Probar y limpiar las tuberías.
- Lubricar, alineamiento de bombas, rotaciones de motores, etc.
- Lista de tareas pendientes por parte de Construcción.
- Iniciar la capacitación del personal de Planta y Mantenimiento.

- Gestionar el traspaso de la Construcción a Comisionamiento y/u Operaciones.
- Asistir y/o gestionar los controles de seguridad previos a la puesta en marcha.
- Gestionar actividades simultáneas de construcción y comisionamiento.
- Completar todas las pruebas de fugas.
- Precomisionar los sistemas.
- Gestionar las modificaciones posteriores a la puesta en marcha.
- Puesta en marcha de la Planta.
- Validar el desempeño de la planta con el Equipo de Calidad o representante del fabricante.

2.2.9.3 Cerrar

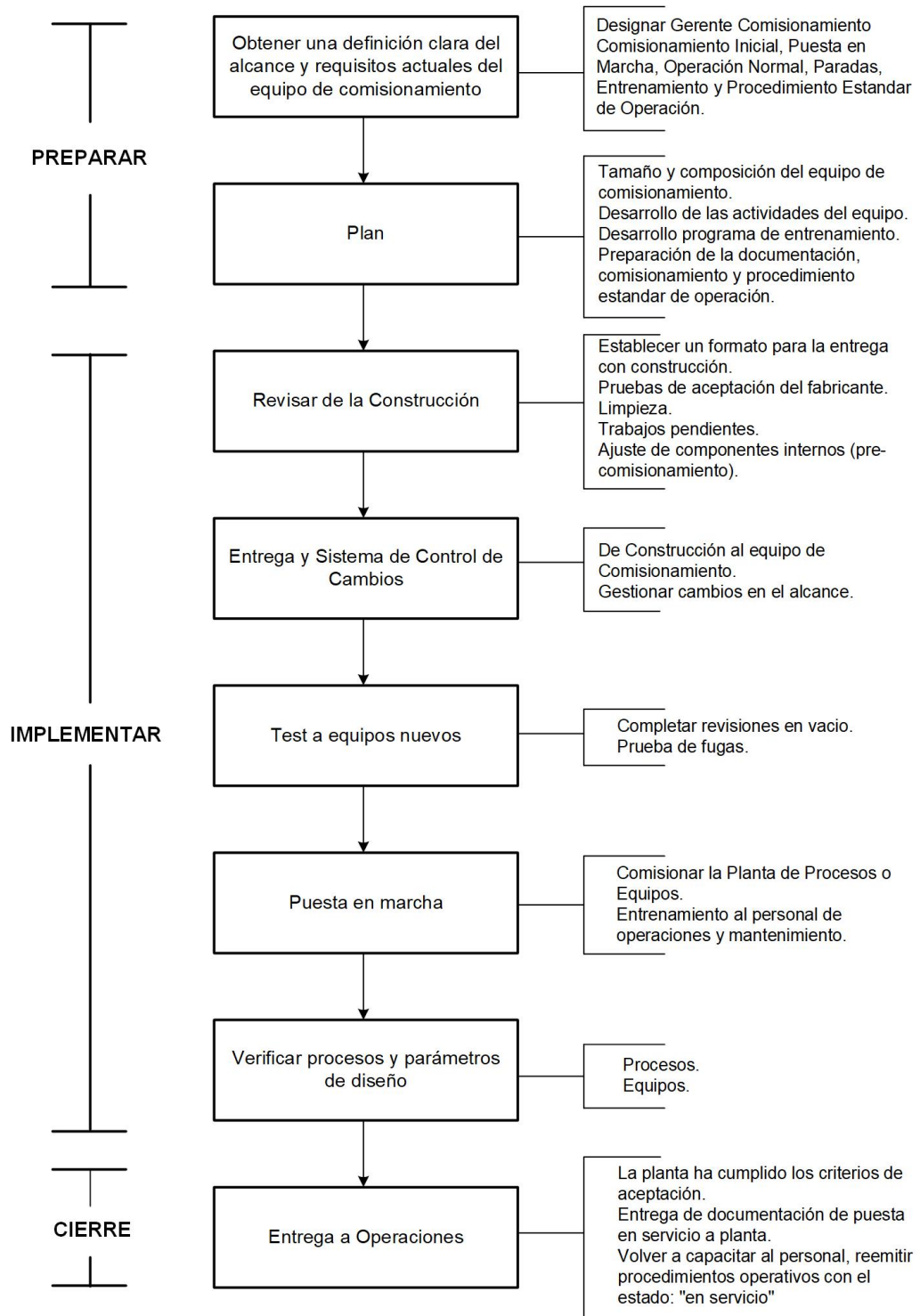
Esta es la etapa final del proceso de comisionamiento y la que más se descuida, asegurando que todos los sistemas de documentación y pruebas estén completos, que la planta o el equipo haya cumplido con sus criterios de aceptación que permitan la entrega de la planta al grupo de operaciones en curso.

Las principales actividades de esta fase son:

- Gestionar las modificaciones posteriores a la puesta en marcha.
- Ejecutar y administrar la planta según las tasas de producción de diseño predeterminadas y la producción inicial durante el tiempo requerido.
- Emitir el análisis de peligros final luego de terminado el Comisionamiento.
- Cerrar el equipo de comisionamiento.

Figura 29

Diagrama detallado Fases del Comisionamiento



Nota: Adaptado de (Killcross, M., 2021).

CAPITULO III

3. Desarrollo del Trabajo De Investigación

3.1 Acta de Constitución del Proyecto

El propósito del Plan de Comisionamiento es cumplir con los requerimientos mínimos del fabricante para el correcto funcionamiento del equipo:

Figura 30

Acta de Constitución del Proyecto

ACTA DE CONSTITUCIÓN DEL PROYECTO						
PROYECTO	Comisiomiento del Skyway - Minera Panamá					
PATROCINADOR	Leonardo Osorio - Superintendente de Mantenimiento - Minera Panamá					
ELABORADO POR:	Arturo Pachas	Responsable Técnico	FECHA	10	01	2019
REVISADO POR:	Leonardo Osorio - Superintendente de Mantenimiento		FECHA	10	01	2019
APROBADO POR:	Leonardo Osorio - Superintendente de Mantenimiento		FECHA	10	01	2019
1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO						
Realizar el comisionamiento del equipo Skyway que comprenden sus sistemas: mecánicos, eléctricos, instrumentación y de control, el comisionamiento se realizará en instalaciones de Minera Panamá. Durante la fase de comisionamiento se deben llevar a cabo protocolos de pruebas a los distintos sistemas y subistemas, esta pruebas son con energia y deben ser registradas.						
En el comisionamiento del Slyway se deben:						
a. Realizar los protocolos de pruebas a componentes y sistemas mecánicas.						
b. Realizar los protocolos de pruebas a componentes y sistemas eléctricas.						
c. Realizar los protocolos de pruebas a componentes y sistemas de instrumentación y control.						
d. No dejar pendientes por construcción.						
e. Realizar la actualización de Planos As-Built para todos los sistemas.						
2. MISIÓN DEL PROYECTO						
OBJETIVO			FINALIDAD DEL PROYECTO			
Cumplimiento del objetivo en produccion en concentrado de cobre, 360,000 toneladas secas.			El cumplimiento de los protocolos de pruebas, proporcionarán confiabilidad al equipo Skyway durante su operación por el personal de mantenimiento, asegurando la disponibilidad de los Molinos Sag y el cumplimiento de la meta de producción.			

3. OBJETIVOS DEL PROYECTO		
- Realizar las protocolos de pruebas a los sistemas del Skyway de acuerdo a las recomendaciones del fabricante. - El tiempo programado para cumplir el proyecto es de 04 semanas calendario y el presupuesto asignado es de 250,000.00 dólares americanos. - Los protocolos de pruebas deben estar acorde a estándares y especificaciones brindados por el fabricante del equipo.		
4. FACTORES PRINCIPALES EN UN PROYECTO		
- Realizar los protocolos de comisionamiento sin incidentes y accidentes. El personal que ejecuta las actividades de comisionamiento debe ser calificado y acreditado. - Se debe cumplir con el presupuesto planificado, dentro del tiempo previsto y cumpliendo el alcance definido, no se debe afectar la calidad por ningún factor. - Identificar y gestionar los riesgos		
5. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN		
DESCRIPCIÓN	DUEÑO	CRITERIO DE ACEPTACIÓN
Asegurar que el proyecto cumpla con los protocolos de pruebas establecidos, garantizando la calidad, seguridad, salud y medio ambiente requeridos por Minera Panamá.	Patrocinador	Cumplimiento de los entregables del proyecto.
Al inicio del proyecto, la empresa Russell Minerals cuente con los permisos de trabajo en Panamá	Patrocinador	Se tienen los permisos de trabajo brindados por el ministerio de trabajo.
Pruebas eléctricas.	Russell Minerals	Tablero de fuerza y control 55Kw, 460V, 60Hz. Tableros de baja tensión 460V Variadores de velocidad baja tensión (460V).
Pruebas de instrumentación y Control	Russell Minerals	Realizar los protocolos de pruebas de funcionamiento a instrumentos, sensores de posicionamiento, válvulas de control del sistema hidráulico, entregar toda la documentación correspondiente.
Pruebas mecánicas	Russell Minerals	Pruebas mecánicas de los equipos: sistemas hidráulicos, martillos, carro de transporte, torre y carril. Alineamiento, análisis vibracional y termografía, Desarrollar los protocolos de pruebas al Skyway.
Presentar la documentación correspondiente como sustento a los protocolos de comisionamiento.	Russell Minerals	La documentación presentada debe cumplir los estándares de comisionamiento del fabricante del equipo.

6. ALCANCE DEL PROYECTO		
ETAPAS DEL PROYECTO		PRINCIPALES ENTREGABLES
0. Dirección del proyecto		Documentación de Dirección del proyecto
1. Sistema 1: COMM1 Sistema Hidráulico, Control de martillos.		a. Reporte de protocolos de pruebas mecánicas revisado y aprobado. b. Reporte de protocolos de pruebas de instrumentación revisado y aprobado.
2. Sistema 2: COMM2 Sistema Hidráulico, Carro de transporte.		a. Reporte de protocolos de pruebas mecánicas aprobado. b. Reporte de protocolos de pruebas de instrumentación aprobado.
3. Sistema 3: COMM3 Sistema Hidráulico, Torre y Carril.		a. Reporte de protocolos de pruebas mecánicas revisado y aprobado. b. Reporte de protocolos de pruebas de instrumentación revisado y aprobado.
4. Sistema 4: COMM4 Sistema Hidráulico, Unidades Hidráulicas de Potencia.		a. Reporte de protocolos de pruebas mecánicas revisado y aprobado. b. Reporte de protocolos de pruebas de instrumentación revisado y aprobado.
5. Sistema 5: COMM5 Sistema Eléctrico, Tableros y motores eléctricos.		a. Reporte de protocolos de pruebas eléctricas revisado y aprobado.
6. Sistema 6: COMM6 Sistema Instrumentación, Sensores de posicionamiento.		a. Reporte de pruebas de instrumentación revisado y aprobado.
7. Sistema 7: COMM7 Sistema de Comunicación y Control.		a. Reporte de pruebas de los sistemas de comunicación y control, revisado y aprobado
8. Sistema 8: COMM8 Sistemas Mecánicos, Martillos y Estructuras.		a. Reporte de pruebas mecánicas revisado y aprobado.
9. Culminación del proyecto		a. Reporte de aceptación del servicio. b. Acta de recepción del servicio. c. Culminación del contrato.
7. RIESGOS ASOCIADOS		
a. En la etapa de habilitaciones al Contratista, existe el riesgo de retrasos en los permisos de trabajo, debido a que el personal es enteramente extranjero, impactaría en el inicio del proyecto. b. En la etapa de habilitaciones al Contratista, existe el riesgo de paros en carretera a la mina, huelga de líneas aéreas, pudiendo cancelarse o reprogramarse vuelos aéreos, ocasionando retrasos en inicio del proyecto. c. En la etapa de ejecución del proyecto, existe el riesgo de posibles bloqueos de carreteras por derrumbes, debida a que el proyecto se ejecutara durante la época de lluvias, afectando el arribo del personal contratista.		
8. HITOS PRINCIPALES DEL PROYECTO		
Descripción del Hito	Fecha	Aprueba
Protocolos de pruebas, aprobados por minera Panamá	01-05-19	Superintendente Mantenimiento de Minera Panamá
Inicio de protocolos de pruebas, post pre-comisionado.	03-06-19	Superintendente Mantenimiento de Minera Panamá
Fin de pruebas operacionales aceptadas por minera Panamá	24-06-19	Superintendente Mantenimiento de Minera Panamá

9. PRESUPUESTO DEL PROYECTO		
a. Comisionamiento	200,000	USD
b. Reserva de contingencia	25,000	USD
c. Reserva de gestión administrativa	25,000	USD
COSTO TOTAL DEL PROYECTO	250,000.00	USD
10. REQUERIMIENTOS DE APROBACIÓN DEL PROYECTO		
Criterios de éxito	Evaluador	Firma el cierre del proyecto
a. No exceder el presupuesto del proyecto, dentro del tiempo indicado. Cumpliendo los requerimientos de calidad del fabricante Russell.	Supervisor de Comisionamiento - Russell Minerals	Leonardo Osorio - Superintendente de Mantenimiento Minera Panamá
b. El comisionamiento se debe ejecutar sin incidentes y accidentes a las personas y al medio ambiente	Técnico Especialista Mecánico Técnico Especialista Eléctrico Técnico Especialista Instrumentación Técnico Especialista Automatización y Control - Russell Minerals	
c. Las pruebas operativas en el Skyway debe de cumplir con los estándares indicados por el fabricante Russell.	Gestión interna Minera Panamá	
11. FIRMA DEL REPRESENTANTE DE MINERA		
NOMBRE: Leonardo Osorio– Superintendente de Mantenimiento de Planta. FECHA: 1 de Febrero del 2019.		
FIRMA		

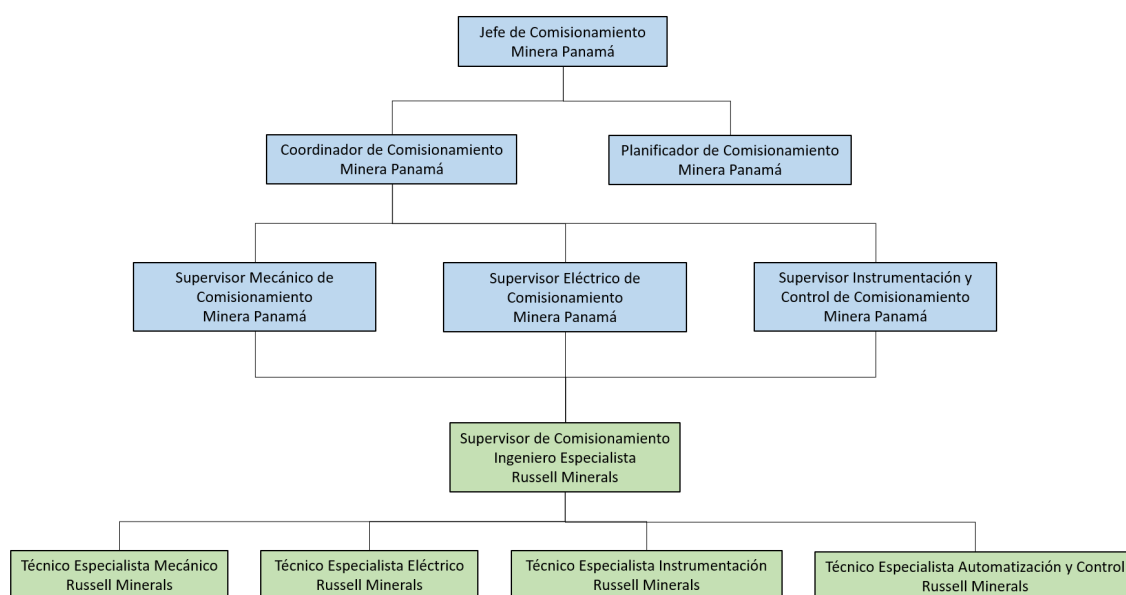
Nota: Adaptado de (Abregú, R., 2019).

3.2 Organigrama y Roles del Equipo de Comisionamiento

El equipo de comisionamiento está integrado por personal propio de Minera Panamá y el fabricante del equipo (Russell Minerals).

Figura 31

Organigrama del equipo de Comisionamiento



Nota: Información tomada en instalaciones de Minera Panamá.

El comisionamiento estará dirigido por el Jefe de Comisionamiento teniendo a su cargo diferentes especialistas el cual se detalla los roles:

- Jefe de Comisionamiento: Hacer que el proyecto cumpla con el alcance, tiempo, calidad y costos.
- Coordinador de Comisionamiento: Asegurar todos los recursos para la ejecución del servicio por parte del contratista (Russell Minerals). Evaluar los posibles riesgos que afectarían el avance del proyecto.
- Planificador de Comisionamiento: Emitir los reportes de avance al Jefe de Comisionamiento. Comunicar oportunamente los retrasos que afecten el cumplimiento del proyecto.
- Supervisores de Comisionamiento Mecánico, Eléctrico e Instrumentación y Control de Minera Panamá: Verificar y asegurar la calidad de los trabajos de comisionamiento, firmando los protocolos correspondientes.

- Supervisor de Comisionamiento: Realizar los protocolos de pruebas acorde a las especificaciones del fabricante. Que ningún miembro del equipo de comisionamiento tenga algún incidente de seguridad, o exista algún daño al medio ambiente.
- Técnicos Especialistas: Realizar las pruebas correspondientes a cada especialidad, mecánico, eléctrico, instrumentación y control. Emitir los protocolos de pruebas debidamente firmados por el supervisor de comisionamiento de Russell Minerals, los supervisores de comisionamiento de Minera Panamá y aprobados por el Jefe de Comisionamiento.

3.3 Alcance del Comisionamiento

El propósito del Plan de Comisionamiento es cumplir con los requerimientos mínimos del fabricante para el correcto funcionamiento del equipo:

- Todas las actividades deben ser completadas y firmadas por el fabricante del equipo y representante de Minera Panama.
- Todas las actividades deben ser ejecutadas por el personal técnico autorizado del fabricante y por el personal autorizado de la compañía minera.
- El Comisionamiento debe ejecutarse en un plazo de cuatro semanas y con el presupuesto de 250,000 dólares americanos.
- Realizar los protocolos correspondientes: pruebas mecánicas, eléctricos, instrumentación y control.
- Verificar que no existan pendientes de construcción y de ingeniería.

Figura 32

Alcance del Comisionamiento

ALCANCE DEL PROYECTO						
PROYECTO	Comisionamiento del Skyway - Minera Panamá					
PATROCINADOR	Leonardo Osorio –Superintendente Mantenimiento					
PREPARADO POR:	Arturo Pachas Responsable Técnico	FECHA	10	01	2019	
REVISADO POR:	Leonardo Osorio –Superintendente Mantenimiento	FECHA	10	01	2019	
APROBADO POR:	Leonardo Osorio –Superintendente Mantenimiento	FECHA	10	01	2019	

OBJETIVOS DEL PROYECTO						
CONCEPTO		OBJETIVOS				
1. ALCANCE		Ejecutar los protocolos de pruebas a sistemas y subsistemas del Skyway				
2. TIEMPO		Cuatro semanas calendario.				
3. COSTO		Presupuesto de USD 250,000.00				
4.- CALIDAD		Cumplir los protocolos de pruebas brindados por el fabricante del equipo.				

CRITERIOS DE ÉXITO DEL PROYECTO						
CONCEPTO		OBJETIVOS		CRITERIO DE ÉXITO		
1. ALCANCE		Realizar los protocolos de pruebas a los sistemas y subsistemas del Skyway, de acuerdo a las especificaciones del fabricante.		Cumplir estrictamente con los requisitos operacionales del fabricante.		
2. TIEMPO		Concluir con el plazo del proyecto, 01 mes calendario.		Concluir el proyecto en el rango de 06 semanas como máximo.		
3. COSTO		Presupuesto de USD 250,000.00		Al terminar el comisionamiento, el presupuesto no debe exceder el $\pm 5\%$.		
4.- CALIDAD		Cumplir con las especificaciones operativas dispuestas por el fabricante del equipo.		Protocolos de pruebas aprobados y revisados, cumpliendo los requerimientos operacionales del fabricante.		

DESARROLLO DE LA PROPUESTA	
1. DESCRIPCIÓN DEL ENTREGABLE DEL PROYECTO	
Los protocolos de prueba a ejecutar serán ejecutados por el personal especialista propio del fabricante. Las pruebas se han identificados como SISTEMAS, abarcando todas las áreas del equipo. PROTOCOLOS DE PRUEBAS: Las pruebas requeridas por el fabricante son: Sistema 1: COMM1 Sistema Hidráulico, Control de martillos. Sistema 2: COMM2 Sistema Hidráulico, Carro de transporte. Sistema 3: COMM3 Sistema Hidráulico, Torre y Carril. Sistema 4: COMM4 Sistema Hidráulico, Unidades Hidráulicas de Potencia. Sistema 5: COMM5 Sistema Eléctrico, Tableros y motores eléctricos. Sistema 6: COMM6 Sistema Instrumentación, Sensores de posicionamiento. Sistema 7: COMM7 Sistema de Comunicación y Control. Sistema 8: COMM8 Sistemas Mecánicos, Martillos y Estructuras.	
2. DESCRIPCIÓN DE ENTREGABLES DEL PROYECTO	
ENTREGABLES	DESCRIPCIÓN
Pruebas eléctricas	Tableros de fuerza y control 55Kw, 460V, 60Hz. Verificar el accionamiento mecánico de los arrancadores e interruptores. Verificar la protección de los arrancadores e interruptores en tableros eléctricos. Verificar los layout de operación de los equipos. Verificar las protecciones de operación de los equipos. Verificar los protocolos de pruebas de comisionamiento. Realizar mediciones durante las pruebas operativas, si fuese necesario realizar los ajustes de seteos, etc.
Pruebas de instrumentación	Realizar los protocolos de prueba de comisionamiento en vacío y con carga, ante algún desvío realice la recalibración de instrumentos, sensores y válvulas de control (4-20 mA). Revisar la comunicación con variadores de velocidad, PLCs, actuadores y sensores, en coordinación con el mando de control remoto (joystick).
Pruebas mecánicas	Realizar los protocolos de prueba de comisionamiento para los sub equipos: sistemas hidráulicos, martillos, carro de transporte, torre y carril. Alineamiento, análisis vibracional y termografía.
CONTEXTO DEL PROYECTO	
3. LÍMITES DEL PROYECTO	
No están incluidos reparaciones.	
4. RESTRICCIONES	
- Debido a las regulaciones de Panamá, todo personal extranjero debe contar con los permisos de trabajo. - Los cronogramas de ejecución del proyecto se deberán elaborar en MS Project. - La jornada de trabajo para personal extranjero es de 42 x 14 días.	
5. SUPUESTOS	
- Los trabajos de comisionamiento se realizarán en la Planta Concentradora, Area de Molinos, ésta area se encuentra techada, posibilitando realizar el trabajo ante fuertes lluvias. - Respecto a posibles bloqueos de comunidades aledañas al proyecto, Cobre Panamá cuenta con helipuerto en la unidad minera, pudiendo ser utilizado como contingencia. - Todos los componentes para el comisionamiento se encuentran en los almacenes de la unidad minera.	

Nota: Adaptado de (Abregú, R., 2019).

3.4 Actividades del Comisionamiento

Vamos a mostrar la actividades y sus duraciones.

Figura 33

Actividades del Comisionamiento

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
COMISIONADO EQUIPO SKYWAY	28 días	lun 3/06/19	lun 1/07/19	
COMM1 Sistema Hidráulico, Control de martillos	4 días	lun 3/06/19	vie 7/06/19	
Protocolos Mecánicos	4 días	lun 3/06/19	vie 7/06/19	
Protocolos de Instrumentación	3 días	lun 3/06/19	jue 6/06/19	
COMM2 Sistema Hidráulico, Carro de transporte	5 días	jue 6/06/19	mar 11/06/19	
Protocolos Mecánicos	4 días	vie 7/06/19	mar 11/06/19	3
Protocolos de Instrumentación	2 días	jue 6/06/19	sáb 8/06/19	4
COMM3 Sistema Hidráulico, Torre y Carril	7 días	sáb 8/06/19	sáb 15/06/19	
Protocolos Mecánicos	4 días	mar 11/06/19	sáb 15/06/19	6
Protocolos de Instrumentación	2 días	sáb 8/06/19	lun 10/06/19	7
COMM4 Sistema Hidráulico, Unidades Hidráulicas de Potencia	9 días	lun 10/06/19	mié 19/06/19	
Protocolos Mecánicos	4 días	sáb 15/06/19	mié 19/06/19	9
Protocolos de Instrumentación	3 días	lun 10/06/19	jue 13/06/19	10
COMM5 Sistema Eléctrico, Tableros y motores eléctricos	10 días	vie 7/06/19	lun 17/06/19	
Protocolos Eléctricos	10 días	vie 7/06/19	lun 17/06/19	3
COMM6 Sistema Instrumentación, Sensores de posicionamiento	7 días	jue 13/06/19	jue 20/06/19	
Protocolos de Instrumentación	7 días	jue 13/06/19	jue 20/06/19	13
COMM7 Sistema de Comunicación y Control	8 días	jue 20/06/19	vie 28/06/19	
Protocolos de Comunicación y Control	8 días	jue 20/06/19	vie 28/06/19	17;15
COMM8 Sistemas Mecánicos, Martillos y Estructuras	5 días	mié 19/06/19	lun 24/06/19	
Protocolos Mecánicos	5 días	mié 19/06/19	lun 24/06/19	12
CIERRE DEL PROYECTO	3 días	vie 28/06/19	lun 1/07/19	19;21

3.5 Recursos de las Actividades del Comisionamiento

En la Figura 34, encontramos los recursos requeridos para realizar los protocolos de pruebas.

Figura 34

Recursos de las actividades del Comisionamiento

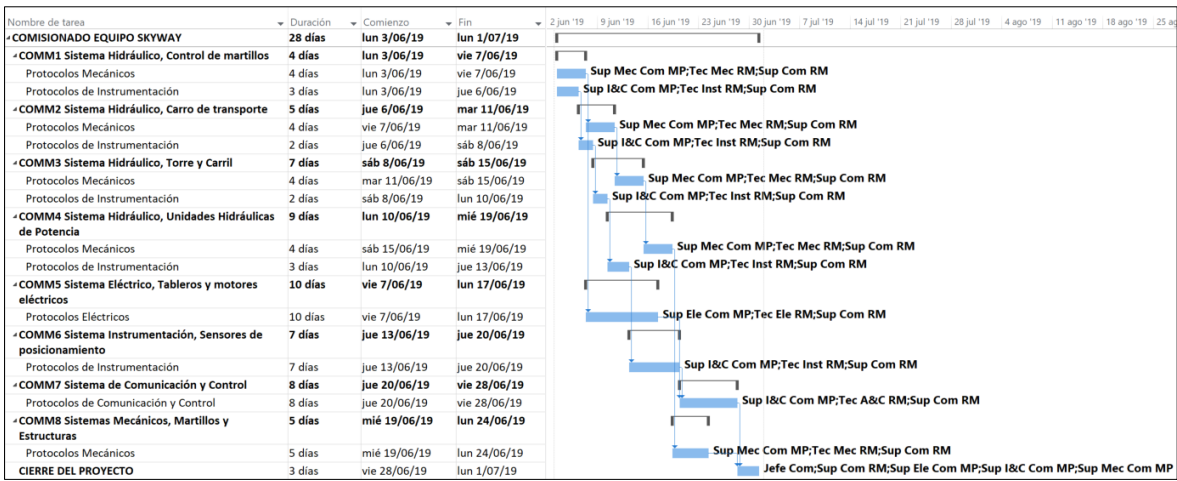
Nombre de tarea	Nombres de los recursos
COMISIONADO EQUIPO SKYWAY	
COMM1 Sistema Hidráulico, Control de martillos	
Protocolos Mecánicos	Sup Mec Com MP;Tec Mec RM;Sup Com RM
Protocolos de Instrumentación	Sup I&C Com MP;Tec Inst RM;Sup Com RM
COMM2 Sistema Hidráulico, Carro de transporte	
Protocolos Mecánicos	Sup Mec Com MP;Tec Mec RM;Sup Com RM
Protocolos de Instrumentación	Sup I&C Com MP;Tec Inst RM;Sup Com RM
COMM3 Sistema Hidráulico, Torre y Carril	
Protocolos Mecánicos	Sup Mec Com MP;Tec Mec RM;Sup Com RM
Protocolos de Instrumentación	Sup I&C Com MP;Tec Inst RM;Sup Com RM
COMM4 Sistema Hidráulico, Unidades Hidráulicas de Potencia	
Protocolos Mecánicos	Sup Mec Com MP;Tec Mec RM;Sup Com RM
Protocolos de Instrumentación	Sup I&C Com MP;Tec Inst RM;Sup Com RM
COMM5 Sistema Eléctrico, Tableros y motores eléctricos	
Protocolos Eléctricos	Sup Ele Com MP;Tec Ele RM;Sup Com RM
COMM6 Sistema Instrumentación, Sensores de posicionamiento	
Protocolos de Instrumentación	Sup I&C Com MP;Tec Inst RM;Sup Com RM
COMM7 Sistema de Comunicación y Control	
Protocolos de Comunicación y Control	Sup I&C Com MP;Tec A&C RM;Sup Com RM
COMM8 Sistemas Mecánicos, Martillos y Estructuras	
Protocolos Mecánicos	Sup Mec Com MP;Tec Mec RM;Sup Com RM
CIERRE DEL PROYECTO	Jefe Com;Sup Com RM;Sup Ele Com MP;Sup I&C Com MP;Sup Mec Com MP

3.6 Desarrollo de Cronograma del Comisionamiento

A continuación, las actividades del programa de actividades.

Figura 35

Cronograma del Comisionamiento



3.7 Plan de Gestión de la Calidad

Vamos a mostrar el Plan de Gestión para la Calidad del proyecto.

Figura 36*Plan de Gestión de Calidad*

PLAN DE GESTIÓN DE LA CALIDAD						
PROYECTO	Comisionamiento del Skyway - Minera Panamá					
PREPARADO POR:	Arturo Pachas	Responsable técnico	FECHA	10	01	19
REVISADO POR:	Leonardo Osorio	Superintendente de Mantenimiento	FECHA	10	01	19
APROBADO POR:	Leonardo Osorio	Superintendente de Mantenimiento	FECHA	10	01	19
GESTIÓN DE CALIDAD DEL PROYECTO						
PLANIFICAR LA CALIDAD La empresa Russell Minerals, fabricante del equipo Skyway y encargada de realizar el comisionamiento, dispone de altos estándares operativos y un riguroso control de calidad reconocido a nivel internacional, se compromete: 1. Cumplir el objetivo del proyecto, comisionar el equipo Skyway. 2. Mantener una fluida comunicación con el equipo responsable de Cobre Panamá, por toda la duración del proyecto. 3. Manteniendo informados a personal de Cobre Panamá de los cambios que pudieran requerirse en los protocolos de pruebas y comunicar estos cambios antes de iniciar las pruebas. 4. Asegurarse que su personal este debidamente calificado para las tareas de comisionamiento, así como también el profesional encargado de llevar el control y registro del Plan de Calidad. 5. Establecer indicadores de desempeño. 6. Los documentos a emitir deben ser revisados y aprobados.						
REALIZAR ASEGURAMIENTO DE CALIDAD Para el aseguramiento de la calidad se deberá realizar lo siguiente: 1. Revisar los resultados de los protocolos de pruebas. 2. Revisar los procedimientos de protocolos de pruebas. 3. Auditorías internas de calidad durante las pruebas con carga. 4. Identificación y registro de lecciones aprendidas.						
REALIZAR CONTROL DE CALIDAD Se conformará un equipo multidisciplinario de Cobre Panamá para realizar el control de calidad: instrumentación, electricista, mecánico, control de procesos. Para realizar el control de calidad se registrarán y monitorearán los resultados de los protocolos de pruebas y se aplicará a los entregables a través de los siguientes: 1. Plan de gestión de calidad 2. Revisar y registrar los resultados de los protocolos de pruebas 3. Revisar requerimientos de cambio. 4. Inspecciones, auditorías internas. 5. Resultado del comisionamiento. 6. De identificarse deficiencias durante el comisionamiento se implementarán acciones correctivas.						
NORMAS DE CONTROL DE CALIDAD El comisionamiento debe cumplir las normas 1. Gestión de Calidad bajo el estándar ISO 9001. 2. Gestión de Seguridad y medio ambiente. 3. Requerimientos del fabricante Russell Minerals						

ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL			
ROLES	A	C	RESPONSABILIDADES
Auditor de calidad, Russell Minerals			- Elabora y mantiene actualizado el Plan de Calidad. - Define los límites aceptables de las variables de medición en los protocolos de pruebas. - Participa en las reuniones de acciones correctivas. - Elabora e implementa los procedimientos para la gestión del cambio.
Líder Control de Calidad, Russell Minerals			- Verifica los protocolos de calibración de instrumentos, sensores, actuadores, electroválvulas para el comisionado. Mantiene constante comunicación con el equipo de comisionado - Revisa y da conformidad a los reportes de control de calidad. - Elabora informes semanales de los protocolos de prueba.
Líder de aseguramiento de la calidad, Russell Minerals			- Capacitar a todo el personal en el sistema de calidad. - Realiza el seguimiento al cumplimiento de los protocolos y a los resultados. - Desarrolla el cronograma y realiza auditorías internas. - Brinda capacitación a los técnicos respecto al manual de calidad y sus requerimientos técnicos. - Propone la mejora continua del proceso de comisionado.
Mejora continua, Russell Minerals			- Responsable de liderar la mejora continua y al equipo. - Mantiene el registro de oportunidades de mejora - Controla la gestión cambios y registra las lecciones aprendidas. - Mantiene actualizado el registro de las lecciones aprendidas. Da a conocer al equipo las lecciones aprendidas.

Indicadores de calidad				
Ítem	Descripción	Indicador	Proceso	Consistencia
1	Cumplir el alcance	Valor ganado EV	Control del alcance	Revisar el cumplimiento de las actividades.
2	Variación del costo presupuestado	Índice de rendimiento de costos - CPI	Control de costos	Revisar semanalmente el avance del presupuesto.
3	Cumplir el cronograma de actividades	Índice de rendimiento del cronograma - SPI	Control del tiempo	Revisar el cumplimiento del cronograma
4	Cumplir del plan de gestión de riesgos	Accidentes con tiempo perdido	Control de la gestión de accidentes	Revisar el cumplimiento del plan de gestión de riesgos.
5	Satisfacción del usuario	Satisfacción al cliente en el rango de 1-10	Gestión de los Interesados	Revisar el cumplimiento de los requisitos del comisionamiento.
6	Comisionamiento	Número de fallos de pruebas unitarias.	Control de calidad	Revisar el cumplimiento de las especificaciones y protocolos de pruebas aprobados para el proyecto.

Nota: Adaptado de (Abregú, R., 2019).

3.8 Plan de Gestión de Riesgos

Vamos a mostrar el Plan de Gestión de Riesgos.

Figura 37

Plan de Gestión de Riesgos

PLAN DE GESTION DE LOS RIESGOS						
PROYECTO	Comisionamiento del Skyway - Minera Panamá					
PREPARADO POR:	Arturo Pachas	Responsable técnico	FECHA	1	01	19
REVISADO POR:	Leonardo Osorio	Superintendente de	FECHA	5	01	19
APROBADO POR:	Leonardo Osorio	Superintendente de	FECHA	10	01	19
METODOLOGÍA						
Se conformará un equipo de trabajo dedicado a revisar los posibles riesgos internos y externos que podrían suceder durante el comisionamiento. El equipo de trabajo se reunirá cada semana donde se darán a conocer los riesgos encontrados, se analizará cada riesgo de manera cualitativa y cuantitativa, además de indicar el plan de acción. Los miembros del equipo de trabajo son: 1. Coordinador de Comisionamiento. 2. Jefe de Comisionamiento. 3. Supervisores de Comisionamiento MP 4. Supervisor de Comisionamiento RM Para identificar riesgos se usarán las técnicas: 1. Análisis Arbol de Fallas. 2. Análisis de Modo de Fallos. 3. Consulta a expertos.						
ROLES Y RESPONSABILIDADES						
Coordinador de Comisionamiento - juicio de experto. Jefe de Comisionamiento - líder del equipo de riesgos. Supervisor de Comisionamiento RM - responsable de riesgos en la ejecución del proyecto. Supervisores de Comisionamiento MP - juicio de experto.						
PRESUPUESTO						
Se tendrá una reserva de contingencia del 10% del presupuesto inicial que es de 250,000.00 dólares americanos.						
CALENDARIO						
Se tendrán reuniones semanales para revisar los reportes del avance de comisionamiento e identificar riesgos. De existir algún riesgo, el Jefe de Comisionamiento será el encargado de definir el Plan de Acción o las actividades a ejecutar para mitigar el riesgo.						

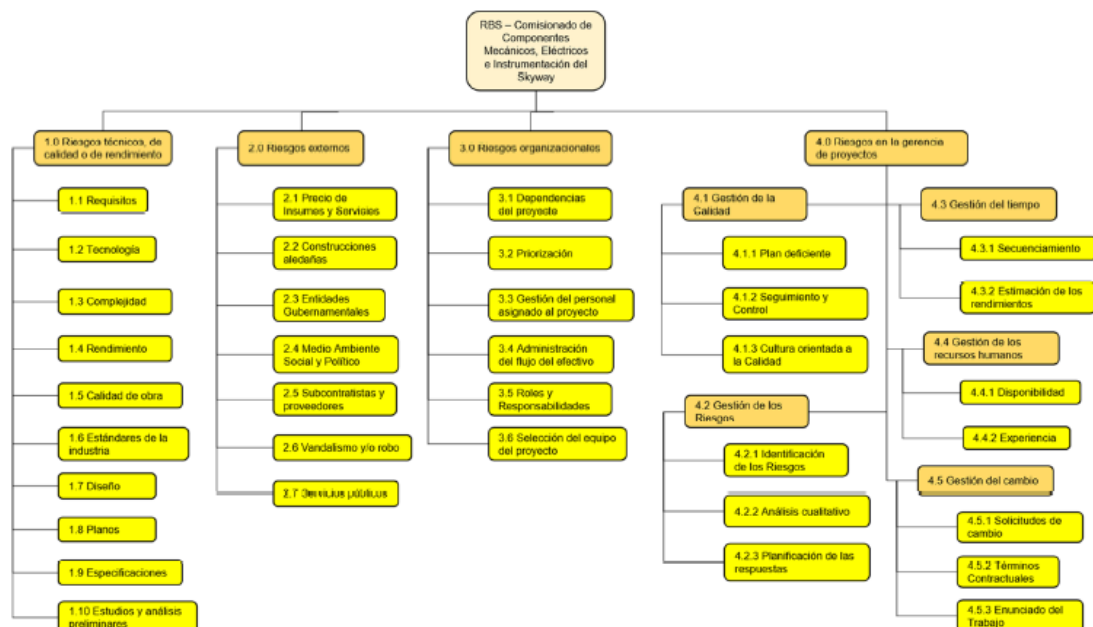
CATEGORÍAS DE RIESGO

1.0 Riesgos técnicos, de calidad o de rendimiento

2.0 Riesgos externos

3.0 Riesgos organizacionales

4.0 Riesgos en la gerencia de proyectos



DEFINICIONES DE PROBABILIDAD E IMPACTO

Probabilidad	Valor Numérico	Impacto	Valor Numérico
Muy Improbable	0.1	Muy Bajo	0.05
Relativamente Probable	0.3	Bajo	0.1
Probable	0.5	Moderado	0.2
Muy Probable	0.7	Alto	0.4
Casi Certeza	0.9	Muy Alto	0.8

Tipo de Riesgo	Probabilidad x Impacto
Muy Alto	Igual o mayor a 0.50
Alto	menor a 0.50
Moderado	menor a 0.30
Bajo	menor a 0.10
Muy Bajo	menor a 0.05

MATRIZ DE PROBABILIDAD E IMPACTO

Matriz de Probabilidad e Impacto										
Probabilidad	Amenazas					Oportunidades				
0.90	0.05	0.09	0.18	0.36	0.72	0.72	0.36	0.18	0.09	0.05
0.70	0.04	0.07	0.14	0.28	0.56	0.56	0.28	0.14	0.07	0.04
0.50	0.03	0.05	0.10	0.20	0.40	0.40	0.20	0.10	0.05	0.03
0.30	0.02	0.03	0.06	0.12	0.24	0.24	0.12	0.06	0.03	0.02
0.10	0.01	0.01	0.02	0.04	0.08	0.08	0.04	0.02	0.01	0.01
	0.05	0.10	0.20	0.40	0.80	0.80	0.40	0.20	0.10	0.05

SEGUIMIENTO DE RIESGOS
Las acciones relacionadas con la gestión de riesgos se registrarán mediante las siguientes herramientas de seguimiento y control: 1.- En cada reunión del comité de riesgos, se incluirá en la agenda la revisión del estado de los riesgos como una medida de monitoreo. 2.- Se contratarán auditores externos para revisar y documentar la gestión de riesgos. 3.- Mensualmente, se evaluarán los riesgos actuales y se cerrarán aquellos que sean obsoletos. 4.- Durante la ejecución del proyecto, se compararán las reservas de contingencia actuales con los riesgos existentes.

Nota: Adaptado de (Abregú, R., 2019).

3.9 Identificar los Riesgos y Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos

Tabla 13

Identificación de Riesgos en Comisionamiento del Skyway

Cod. del riesgo	Descripción del riesgo	Indicador	Entregables afectados	Estimación de probabilidad	Objetivo Afectado	Estimación de impacto	Prob x impacto	Tipo de riesgo
R1	Es posible que no se cumpla con las fechas Programadas de ejecución del proyecto.	Reporte semanal indicando retrasos.	Proyecto culminado	0.7	Alcance			Muy alto
		Tiempo			0.8	0.56		
		Costo			0.4	0.28		
		Calidad						
Total probabilidad x impacto							0.84	
R2	Es posible que sucedan eventos no deseados Debido al cambio de clima en el área que opera La mina, afectando el cumplimiento del alcance.	Reportes metereologicos del area donde se ubica la mina.	Proyecto culminado	0.1	Alcance			Moderado
		Tiempo			0.8	0.08		
		Costo			0.8	0.08		
		Calidad						
Total probabilidad x impacto							0.16	
R3	Es posible que existan procesos de comisionamiento complejos, que conlleven a que existan constantes cambios afectando el cumplimiento del alcance.	Indicios de retrasos (1 semana) en el reporte de avance del proyecto	Proyecto culminado	0.5	Alcance			Moderado
		Tiempo			0.2	0.1		
		Costo			0.1	0.05		
		Calidad						

					Total probabilidad x impacto		0.15	
R4	Es posible que existan componentes mal instalados durante el proceso de construcción.	Constante reportes de Calidad indicando retrasos.	Proyecto culminado	0.5	Alcance	0.2	0.1	Moderado
	Afectando el cumplimiento del alcance.	Tiempo			0.2	0.1		
		Costo			0.2	0.1		
		Calidad						
					Total probabilidad x impacto		0.2	
R5	Es posible que no se disponga de repuestos ante cualquier eventualidad de falla durante las pruebas de comisionamiento, afectando el incumplimiento del alcance	Reporte de Calidad indicando defectos en components	Proyecto culminado	0.5	Alcance			Moderado
		Tiempo			0.2	0.1		
		Costo			0.2	0.1		
		Calidad						
					Total probabilidad x impacto		0.2	

Nota: Adaptado de (Abregú, R., 2019).

CAPITULO IV

4. Resultados, Contratación De Hipótesis Y Discusión de Resultados

La implementación del Plan de Comisionamiento ha garantizado que el proyecto se haya ejecutado de manera eficiente y eficaz, cumpliendo con todos los objetivos planteados:

Figura 38

Acta de Cierre del Comisionamiento

ACTA DE CIERRE DEL PROYECTO					
PROYECTO:	Comisiomiento del Skyway - Minera Panamá				
SOLICITADO POR:	Jefe de Ingeniería - Minera Panamá	FECHA	22	07	19
REVISADO POR:	Superintendente de Mantenimiento	FECHA	22	07	19
2. Resultados del Proyecto					
2.1 Tiempos					
Inicio planeado	03/06/2019	Inicio real:	03/06/2019		
Fin planeado:	01/07/2019	Fin real:	01/07/2019		
Duración prevista (días):	28	Duración real	28		
Diferencia:	0	Variación (%)	0%		
2.2 Costos					
Previsto:	\$250,000	Ejecutado:	\$250,000		
Diferencia:	\$0	Margen (%)	0		
2.3 Entregables					
PAQUETES DE PRUEBAS:					
Las pruebas asignadas por el departamento de comisionamiento son:					
Sistema 1: COMM1 Sistema Hidráulico, Control de martillos.					
Sistema 2: COMM2 Sistema Hidráulico, Carro de transporte.					
Sistema 3: COMM3 Sistema Hidráulico, Torre y Carril.					
Sistema 4: COMM4 Sistema Hidráulico, Unidades Hidráulicas de Potencia.					
Sistema 5: COMM5 Sistema Eléctrico, Tableros y motores eléctricos.					
Sistema 6: COMM6 Sistema Instrumentación, Sensores de posicionamiento.					
Sistema 7: COMM7 Sistema de Comunicación y Control.					
Sistema 8: COMM8 Sistemas Mecánicos, Martillos y Estructuras.					
2.4 Logros y observaciones adicionales					
Se cumplió con el presupuesto (\$ 250,000)					
Se cumplió con los requerimientos de calidad, seguridad y medio ambiente					
Se cumple con entregar el equipo Skyway operando dentro de los parámetros requeridos					
Nombre	Cargo/Área	Firma	Fecha		
	Gerente de Operaciones - Minera Panamá				
Leonardo Osorio	Superintendente Mantenimiento - Minera Panamá				
	Representante Técnico - Rusell Minerals				

Nota: Adaptado de (Abregú, R., 2019).

Con la implementación del Plan de Comisionamiento se ha logrado:

- Cumplir con el presupuesto asignado al proyecto, esto ha generado valor a la compañía, debido a requerir más presupuesto de lo aprobado, hubiese causado retrasos en el proyecto debido a la gestión de aprobaciones a un nuevo presupuesto.
- Cumplir con la duración del proyecto, indica que las actividades de comisionamiento, el plan de calidad y la identificación de los riesgos, han sido eficientes. Logrando entregar el equipo a Operaciones en la fecha programada.
- Cumplir con los estándares de seguridad, para la compañía Minera Panamá la seguridad es primero para todas sus actividades, y este proyecto no ha sido la excepción, ya que además de cumplir con el objetivo del comisionamiento en tiempo y costo, se ha cumplido con el objetivo de la compañía de cero accidentes.

A continuación, se muestran la lección aprendida del proyecto:

Figura 39

Lecciones aprendidas en el Comisionamiento

LECCIONES APRENDIDAS DEL PROYECTO						
PROYECTO	Comisionamiento del Skyway - Minera Panamá					
PREPARADO POR:	Arturo Pachas	responsable técnico	FECHA	20	07	19
REVISADO POR:	Leonardo Osorio	Superintendente Mantto	FECHA	20	07	19
APROBADO POR:	Leonardo Osorio	Superintendente Mantto	FECHA	20	07	19

1. SUCESO OCURRIDO							
El supervisor de comisionamiento de Russell Minerals detectó durante la ejecución de los protocolos pruebas de Instrumentación y Control, que los protocolos no estaban siendo aprobados (firmados) por el Supervisor de Instrumentación de Minera Panamá, y que esto podría generar retrasos en el cronograma de trabajo, ya que existen pruebas siguientes que son dependientes entre sí. Este evento se sucedió debido a que el supervisor de instrumentación de Minera Panamá, además de estar en el equipo de comisionamiento, tenía labores de mantenimiento para el área de operaciones.							
2. RESULTADO O IMPACTO DEL SUCESO OCURRIDO							
Los protocolos de pruebas de instrumentación y control, fueron debidamente firmados por otro supervisor de instrumentación y control de Minera Panamá, pero tardó dos días en volver a revisar todos los protocolos antes de la firma correspondiente.							
3. ACCIÓN							
En reunión con el equipo de Comisionamiento se acordó: Designar un solo supervisor de instrumentación y control para el comisionamiento, y que este debe dedicarse solo a los roles al cual se ha sido asignado en este proyecto.							
4. RESULTADO OBTENIDO							
Se recuperó el tiempo perdido de dos días. Ya no existe retraso por falta de aprobación a los protocolos de pruebas.							
5. LECCIÓN APRENDIDA							
Antes de organizar al personal de Minera Panamá que brindará soporte al comisionamiento, se debe organizar internamente que supervisores continúen realizando las labores para el área de operaciones, de esta manera cada miembro está enfocado en su rol dentro del equipo.							
6. CÓMO Y DONDE PUEDE USARSE LO APRENDIDO A FUTURO EN ESTE PROYECTO							
Podemos usar esta lección en el comisionamiento de los dos equipos Skyway pendientes para los Molinos Sag N° 2 y 3							
7. QUIÉN(ES) DEBE(N) SER INFORMADO(S) SOBRE LA LECCIÓN APRENDIDA							
☐	Jefe de Comisionamiento	☒	Equipo	☒	Organización	☒	Otro (indicar)
8. CÓMO ESTA LECCIÓN APRENDIDA DEBERÍA SER DIFUNDIDA (marcar las que apliquen)							
☐	E-mail	☒	Reuniones de	☒	Manuales de Proyectos	☐	Otro (indicar)

- Con las lecciones aprendidas en el comisionamiento del equipo Skyway, el personal involucrado podrá mejorar el tiempo del comisionamiento de los Skyway, para los Molinos Sag N° 2 y 3.

CONCLUSIONES

- Luego de realizar este trabajo de tesis, se indica que el éxito de todo proyecto de comisionamiento se basa en la planificación, en donde se detallan los procedimientos a considerar en la ejecución y cierre, además de los posibles riesgos asociados durante las actividades a realizar.
- Haber organizado el equipo de comisionamiento por especialidad para cada disciplina: mecánica, eléctrica, instrumentación y control, además de indicar sus roles en el equipo de trabajo, ha permitido identificar las pruebas requeridas para la ejecución del plan de comisionamiento.
- El control de la calidad en todo proceso es importante, y en el Comisionamiento del Skyway ha sido fundamental aplicarlo ya que nos ha llevado al éxito del proyecto, no solo en tiempo y costo, también en el tema de la seguridad industrial, ya que durante la ejecución de las actividades no se registraron accidentes a las personas ni a los componentes del skyway.

RECOMENDACIONES

- Si bien hemos aplicado en parte la teoría de la Gestión de Proyectos, sería recomendable aplicar más a fondo la guía del PMBOK y sus principios en la dirección de proyectos.
- Se recomienda tener como previsión un paquete de repuestos como seguridad ante cualquier posible evento que pudiese causar la falla de algún componente, generando retrasos considerables en el comisionamiento. Podría adicionarse dentro del control de riesgos.
- Se debería fortalecer el área de proyectos de la compañía, conformando por profesionales con experiencia en Comisionamiento de equipos de alta tecnología como es el Skyway.

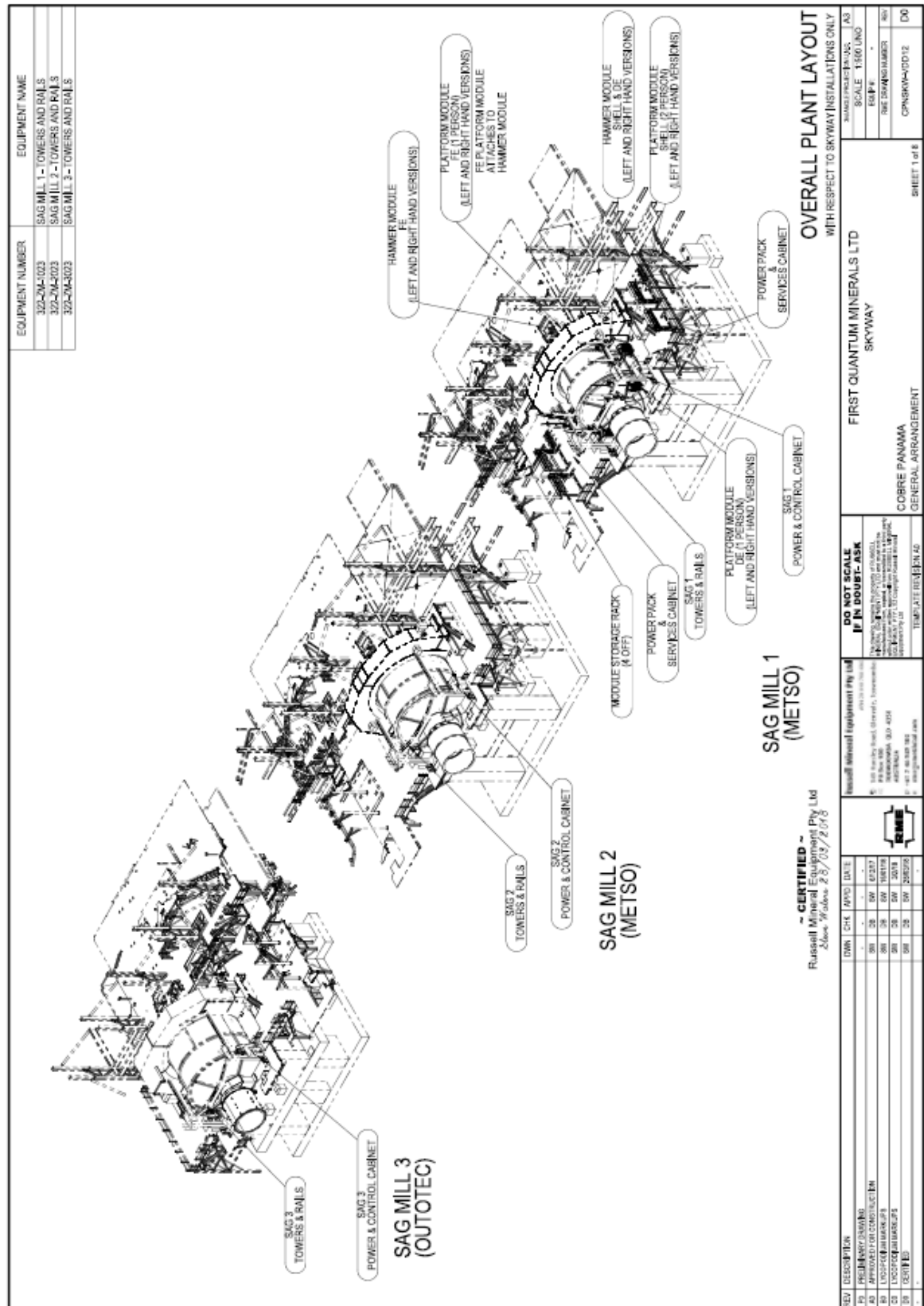
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

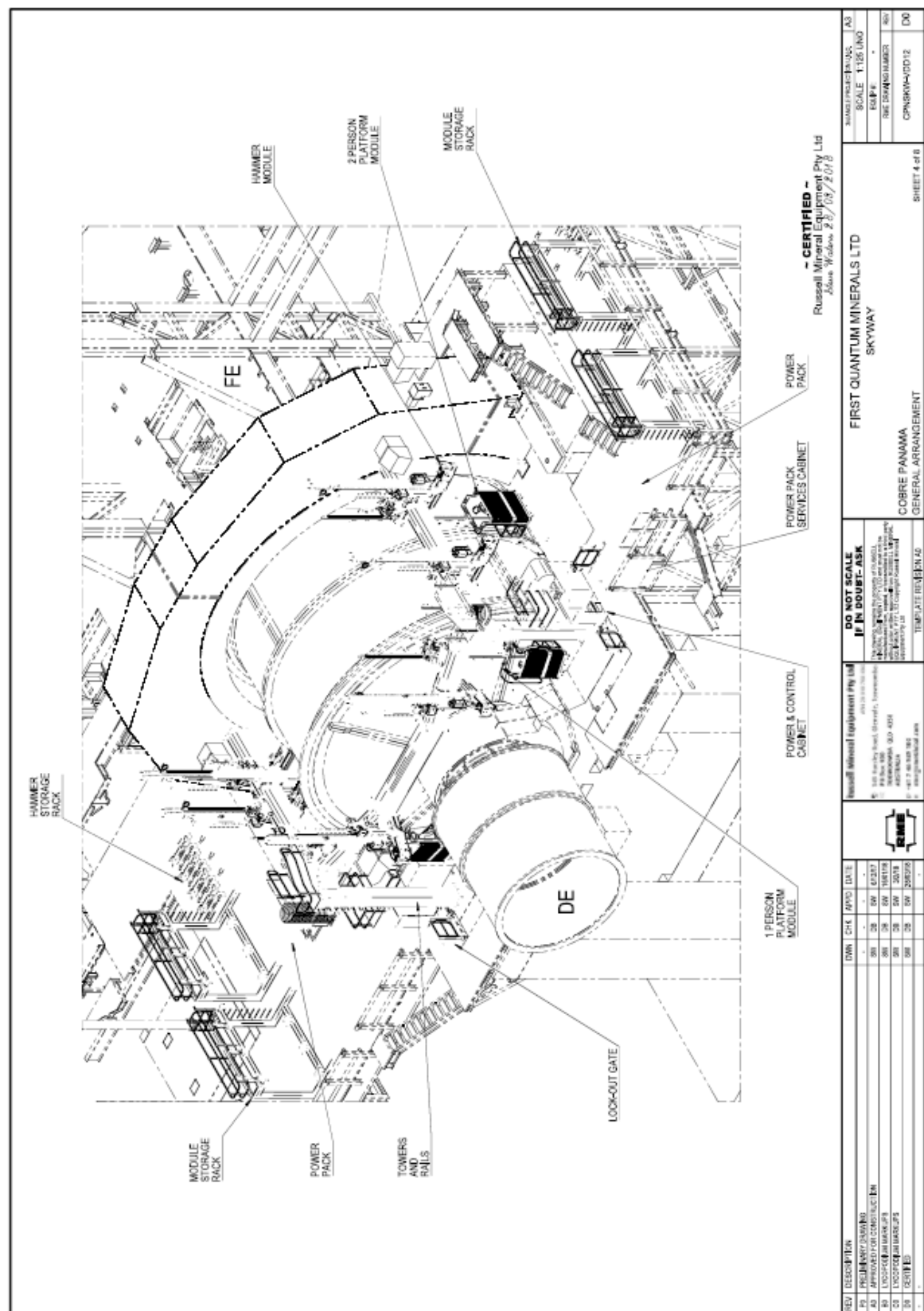
- Abregú, R. (2019). *Comisionado de Componentes Mecánicos, Eléctricos e Instrumentación del proyecto minero Las Canarias* [Tesis de Maestría, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. <http://hdl.handle.net/10757/654852>
- Chavez, F. (2016). *Diseño de Procedimiento para Comisionamiento de Equipo Rotativos del Proyecto Inmaculada – Compañía Minera Ares* [Tesis de titulación, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio UNC.
- FQML, (2015). *First Quantum Minerals* [Proyecto Cobre Panamá]. <https://www.first-quantum.com/>
- Iso.org (2015). *Norma Internacional ISO 9000:2015, Estándares de gestión de la calidad-Fundamentos y Vocabulario* [Norma, Iso.org]. <https://www.iso.org/>
- Killcross, M. (2021). *Chemical and Process Plant Commissioning Handbook* [Libro]. Butterworth-Heinemann.
- Metso, (2019) *Curso de Operación y Mantenimiento en Molinos Sag y Molinos de Bolas* [Proyecto Cobre Panamá].
- Marco Peruana S.A. *Plataforma Hidráulica de Elevación* [Artículo de Ingeniería]. <https://www.marco.com.pe/producto/plataforma-hidraulica-de-elevacion/>
- Matutti, E. (2016). *Implementación de Procedimientos de Comisionamiento y Puesta en Marcha para la Planta Concentradora de las Bambas Mining Company S.A.* [Tesis de titulación, Universidad Católica Santa María]. Repositorio UCSM.
- PMI (2021). *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (7ma edición)*. [Libro] Project Management Institute.
- Russell Mineral Equipment. *Thunderbolt Recoilless Hammers* [Artículo de Ingeniería]. <https://www.rmeglobal.com/what-we-do/mill-relining-equipment/liner-bolt-removal/recoilless-hammers/>

ANEXOS

Anexo 1 Arreglo General del Skyway en Área de Molinos	1
Anexo 2 Actividades de Comisionamiento al Skyway	3

Arreglo General del Skyway en Área de Molinos





Anexo 2

Actividades de Comisionamiento al Skyway

CARGA DEL MARTILLO THUNDERBOLT

Para cargar el Martillo THUNDERBOLT, siga este procedimiento:

N°	Procedimiento	Iniciales - OK
1.	Retire la tapa trasera del martillo.	
2.	Conecte la extensión de carga suministrada con el kit de carga en el conector de gas en la parte de atrás del acumulador.	
3.	En el manifold suministrado con el kit de carga; - Gire el émbolo del manifold hacia afuera, en sentido antihorario. - Gire la válvula de purga del manifold hacia adentro, en el sentido de las agujas del reloj.	
4.	Conecte el manifold a la extensión de carga.	
5.	Abra la botella de nitrógeno lentamente para liberar el gas dentro del acumulador. Llene a 750 psi (52 Bar). (Parte del gas se perderá cuando se saque el manifold).	
6.	Cierre la botella de nitrógeno para aislar el suministro.	
7.	Gire la válvula de purga del manifold hacia afuera, en sentido antihorario para liberar el nitrógeno de la línea.	
8.	Gire la válvula de purga del manifold hacia adentro, en el sentido de las agujas del reloj para cerrarla.	
9.	Desconecte la manguera del kit de carga y vuelva a poner la tapa de las conexiones en el manifold.	
10.	Gire el émbolo en el manifold en el sentido de las agujas del reloj hacia adentro, hasta que la válvula Schroeder se abra y el manómetro del nitrógeno registre presión. No siga girando el émbolo del manifold.	
11.	Gire la válvula de purga en el manifold hacia afuera, en sentido antihorario para purgar el nitrógeno no deseado desde el acumulador. Gire la válvula de purga en el manifold hacia adentro, en el sentido de las agujas del reloj cuando el manómetro del nitrógeno muestre la presión necesaria. Presión de operación 620 psi (43 Bar). Consulte el Plano Esquemático Hidráulico	
12.	Gire el émbolo del manifold hacia afuera, en sentido antihorario, luego gire la válvula de purga del manifold hacia afuera, en sentido antihorario para liberar el nitrógeno en el manifold. La lectura del manómetro debiera ser cero.	
13.	Saque el manifold de la extensión de carga.	
14.	Retire la extensión de carga de la parte de atrás del martillo y vuelva a poner la tapa en la válvula de carga.	
15.	Vuelva a poner la tapa trasera del martillo.	
16.	Ponga los componentes del kit de carga en su contenedor de almacenamiento.	

CARGA DE LOS PISTONES A GAS EN EL TRANSPORTADOR DEL ARMAZÓN DEL MARTILLO.

Para Cargar los Pistones a Gas en el Transportador del Armazón del Martillo, siga este procedimiento:

N°	Procedimiento	Iniciales - OK
1.	Asegúrese de que el Martillo esté nivelado. En el Armazón del Martillo, abra la Placa de Inspección.	
2.	Retraiga el Martillo para comprimir los Pistones a Gas antes de cargarlos. El puerto de carga en el Pistón a Gas se moverá pasada la abertura. Haga que el Martillo avance hasta que el puerto de carga esté en la abertura. Instale la Herramienta de Bloqueo del Armazón del Martillo.	
3.	En el manifold suministrado con el kit de carga; - Gire el émbolo del manifold hacia afuera, en sentido antihorario. - Gire la válvula de purga del manifold hacia adentro, en el sentido de las agujas del reloj.	
4.	Saque la tapa del puerto de carga y conecte el manifold al Pistón a Gas.	
5.	Abra la botella de nitrógeno lentamente para liberar el gas dentro del acumulador. Llene a 1392 psi (96 Bar). (Parte del gas se perderá cuando se saque el manifold).	
6.	Cierre la botella de nitrógeno para aislar el suministro.	
7.	Gire la válvula de purga del manifold hacia afuera, en sentido antihorario para liberar el nitrógeno de la línea.	
8.	Gire la válvula de purga del manifold hacia adentro, en el sentido de las agujas del reloj para cerrarla.	
9.	Desconecte la manguera del kit de carga y vuelva a poner la tapa de las conexiones en el manifold.	
10.	Gire el émbolo en el manifold en el sentido de las agujas del reloj hacia adentro, hasta que la válvula Schroeder se abra y el manómetro del nitrógeno registre presión. No siga girando más el émbolo del manifold hacia adentro.	
11.	Gire la válvula de purga en el manifold hacia afuera, en sentido antihorario para purgar el nitrógeno no deseado desde el acumulador. Gire la válvula de purga en el manifold hacia adentro, en el sentido de las agujas del reloj cuando el manómetro del nitrógeno muestre la presión necesaria. Presión de operación 1160 psi (80 Bar). Consulte el Plano Esquemático Hidráulico	

12.	Gire el émbolo del manifold hacia afuera, en sentido antihorario, luego gire la válvula de purga del manifold hacia afuera, en sentido antihorario para liberar el nitrógeno en el manifold. La lectura del manómetro debiera ser cero.	
13.	Saque el manifold and vuelva a poner la tapa en el puerto de carga. Repita los pasos 3 al 12 para el otro puerto de carga que se ve en la abertura. Retire el manifold cuando ambos Pistones a Gas hayan sido cargados.	
14.	Haga que el Martillo avance para comprimir los Pistones a Gas antes de cargarlos. El puerto de carga en el Pistón a Gas se moverá pasada la abertura. Retraiga el Martillo hasta que el puerto de carga esté en la abertura.	
15.	Cargue los dos Pistones a Gas restantes repitiendo los pasos 3 al 13.	
17.	Ponga los componentes del kit de carga en su contenedor de almacenamiento.	

TAREAS DE INSPECCIÓN A ESTRUCTURAS

N°	Tarea	Si/No o N/A	Técnico (INICIA LES):	Comentarios
Estructura SKYWAY				
Inspecciones de la Estructura SKYWAY				
1.	Use una manguera para limpiar la estructura con agua limpia.			
2.	Examine toda la Estructura SKYWAY.			
3.	Examine los pernos de montaje.			
4.	Examine los pernos de la brida (flange).			
Auxiliares del SKYWAY				
Inspecciones de los auxiliares del SKYWAY.				
1.	Examine todos los componentes del sistema hidráulico.			
2.	Examine todos los componentes del sistema neumático.			
3.	Examine todos los componentes del sistema de agua.			
4.	Examine las escaleras y plataformas de servicio.			
5.	Examine las cadenas IGUS.			
6.	Examine los jibs.			
7.	Examine los ensamblajes de la catenaria.			
8.	Examine las puertas de seguridad.			
Gabinete de Alimentación y Control				
Inspecciones del Gabinete de Alimentación y Control				
1.	Examine el gabinete.			
2.	Examine todos los componentes eléctricos.			

Nº	Tarea	Si/No o N/A	Técnico (INICIA LES):	Comentarios
3.	Realice una inspección de todas las etiquetas en el Gabinete de Alimentación y Control			
4.	Examine el manifold de habilitación.			
5.	Examine los conectores eléctricos e hidráulicos en la base del gabinete (Tapa de Alimentación solamente).			
Panel de Control de Habilidad (ECP - Enable Control Panel)				
Inspecciones del Panel de Control de Habilidad (ECP)				
1.	Examine el gabinete del Panel Control Habilidad (ECP).			
2.	Examine los botones de control e indicadores en el PCH (ECP).			
3.	Examine las etiquetas en el PCH (ECP).			
4.	Examine el exterior de las conexiones eléctricas.			
5.	Examine el enclavamiento para el pestillo de la puerta.			
6.	Examine todos los componentes internos.			
7.	Examine el drenaje del deshumidificador.			
8.	Examine el drenaje del aire acondicionado.			
Control Remoto Colgante				
Etiquetas: Asegúrese de que estas etiquetas estén adheridas en el Control Remoto Colgante y que estén legibles.				
1.	Control Remoto Colgante.			
Inspecciones el Control Remoto Colgante				
1.	Examine el Control Remoto Colgante.			
2.	Examine todos los cables eléctricos y conexiones, que no presenten daños y estén firmes.			
3.	Realícele servicio a los botones de Parada de Emergencia.			

Nº	Tarea	Si/No o N/A	Técnico (INICIA LES):	Comentarios
4.	Examine los joysticks.			
5.	Examine los interruptores de selección de modo.			
Mástil				
Inspecciones del Mástil				
1.	Examine la estructura del mástil.			
2.	Examine el cilindro del mástil.			
3.	Examine la cadena IGUS.			
4.	Examine todos los componentes hidráulicos.			
5.	Examine todos los componentes eléctricos.			
6.	Limpie las partes planas del tope			
Transportador				
Inspecciones del Transportador				
1.	Examine el cuerpo del transportador.			
2.	Examine las ruedas del transportador y los limpiadores.			
3.	Examine el piñón de ataque.			
4.	Examine las correderas.			
5.	Examine todos los componentes hidráulicos.			
6.	Limpie las Conexiones Rápidas Hidráulicas.			
7.	Examine todos los componentes eléctricos.			
Power Pack				
Inspecciones del Power Pack				

Nº	Tarea	Si/No o N/A	Técnico (INICIA LES):	Comentarios
1.	Examine el gabinete del Power Pack, por dentro y por fuera.			
2.	Examine todos los cables eléctricos y conexiones, que no presenten daños y estén firmes.			
3.	Examine todas las mangueras hidráulicas y conexiones, que no presenten daños y estén firmes.			
4.	Realícele servicio a los botones de Parada de Emergencia.			
5.	Examine las conexiones rápidas.			
6.	Examine los manifolds.			
7.	Examine el estanque hidráulico.			
8.	Examine el respiradero del estanque.			
9.	Examine el aire acondicionado.			
10.	Examine el deshumidificador.			
11.	Examine el enfriador y el ventilador			
12.	Examine la pantalla táctil.			
13.	Examine las orejas de izaje.			
14.	Examine el acumulador.			
Martillo				
Inspecciones del Martillo				
1.	Examine el acumulador.			
2.	Examine los pernos.			
3.	Examine la carcasa.			
4.	Examine los pasadores de la punta.			

N°	Tarea	Si/No o N/A	Técnico o (INICIA LES):	Comentarios
5.	Examine todas las mangueras hidráulicas y conexiones, que no presenten daños y estén firmes.			
6.	Examine todos los cables eléctricos y conexiones, que no presenten daños y estén firmes.			
Armazón del Martillo				
Inspecciones del Armazón del Martillo				
1.	Examine el motor.			
2.	Examine el codificador.			
3.	Examine el piñón de ataque.			
4.	Examine la tornamesa del martillo.			
5.	Examine el cilindro de inclinación del martillo.			
7.	Examine los manifolds.			
8.	Examine todos los cables eléctricos y conexiones, que no presenten daños y estén firmes.			
9.	Examine todas las mangueras hidráulicas y conexiones, que no presenten daños y estén firmes.			
10.	Examine todos los sellos.			
11.	Examine los limpiadores del amazón.			
12.	Examine que el movimiento entre el Martillo y el Armazón del Martillo se encuentre dentro de la tolerancia.			
15.	Realícele servicio a los botones de Parada de Emergencia.			
16.	Examine el cilindro de la guía de la punta.			
Plataforma Móvil				
Inspecciones de la Plataforma Móvil				

N°	Tarea	Si/No o N/A	Técnico (INICIA LES):	Comentarios
1.	Examine la estructura de la Plataforma Móvil.			
2.	Examine todos los cables eléctricos y conexiones, que no presenten daños y estén firmes.			
3.	Realícele servicio al jib, pesos y cable.			
4.	Examine el extintor de Incendios.			
5.	Examine la baranda.			
6.	Examine la puerta y el pestillo de la puerta.			
7.	Examine la camisa.			
8.	Examine las botellas de gas y equipo de corte.			
9.	Examine las orejas de izaje.			
10.	Examine las ruedas uni-direccionales.			
11.	Examine los frenos de pedal.			
Estructura de Almacenamiento del Módulo.				
Inspecciones de la Estructura de Almacenamiento del Módulo				
1.	Examine la Estructura de Almacenamiento del Módulo.			
2.	Examine las cadenas de izaje.			
3.	Examine las orejas de izaje.			
4.	Examine la baranda.			
5.	Examine las escaleras y plataformas de servicio.			
6.	Examine la puerta y el pestillo de la puerta.			
Carro de Almacenamiento del Martillo.				
Inspecciones del Carro de Almacenamiento del Martillo				

N°	Tarea	Si/No o N/A	Técnico (INICIA LES):	Comentarios
1.	Examine la estructura del Carro de Almacenamiento del Martillo.			
2.	Examine las orejas de izaje.			
3.	Examine las cavidades para dientes de grúa horquilla.			
4.	Examine las ruedas uni-direccionales.			
5.	Examine los frenos de pedal.			
6.	Examine los pernos.			
Soporte de Mantenimiento del Armazón				
Inspecciones del Soporte de Mantenimiento del Armazón				
1.	Examine la estructura del Soporte de Mantenimiento del Armazón.			
2.	Examine el ensamblaje de montaje.			
3.	Examine las cavidades para dientes de grúa horquilla.			
4.	Examine los pernos.			
Aprobación				
Todas las tareas en este checklist se han realizado. Todo el equipo funciona correctamente. Todo el equipo se puede operar de manera segura.				
Firma del técnico de RME:				
Firma del Representante del Cliente				

Pruebas de Funcionamiento para Todo el Equipo

Cuando haya realizado el segundo calentamiento del aceite hidráulico, realice las siguientes pruebas para asegurarse de que todo el equipo esté operando completamente.

Prueba de Funcionamiento		OK	Reparación / Comentario
Para cada Gabinete de Alimentación y Control:			
Asegúrese de que las luces de "Falla de Control" en el Gabinete de Alimentación y Control (PCC - Power and Control Cabinet) estén apagadas. Revise que no hayan fallas en la pantalla táctil.			
Asegúrese de que las mangueras de suministro de aire en la parte trasera del Gabinete de Alimentación y Control (PCC - Power and Control Cabinet) operen correctamente.			
Para cada Power Pack:			
Ajuste el Interruptor Principal del Power Pack en "ON" (encendido).			
Parada de Emergencia en el Power Pack. Parada de Emergencia funciona correctamente.			
Encienda el Power Pack.			
Asegúrese que el manómetro en el Power Pack muestre la presión hidráulica correcta.			
Detenga el Power Pack:			
Para Cada Plataforma:			
Abra cada puerta. Asegúrese de que la luz "Puerta Abierta/Reseteo" en la Caja de Interconexión se encienda para cada puerta.			
Cierre cada puerta. Presione le botón de "Reseteo". Asegúrese de que la luz "Puerta Abierta/Reseteo" se apague cada vez que se presione el botón de "Reseteo".			
Haga una prueba de funcionamiento de la Parada de Emergencia en la caja de Interconexión y las dos Paradas de Emergencia en la estación de control local.			

Prueba de Funcionamiento		OK	Reparación / Comentario
	Presione el botón de "Habilitación de Plataforma" para realizar las siguientes pruebas. Asegúrese de que las luces de "Advertencia de Movimiento" se enciendan para cada prueba:		
	Desplazamiento de la Plataforma hacia la izquierda - recorrido completo		
	Desplazamiento de la Plataforma hacia la derecha - recorrido completo		
	Subir Plataforma - recorrido completo		
	Bajar Plataforma - recorrido completo		
	Use el control remoto colgante para realizar las siguientes pruebas. Asegúrese de que las luces de "Advertencia de Movimiento" se enciendan para cada prueba:		
	Desplazamiento de la Plataforma hacia la izquierda - recorrido completo		
	Desplazamiento de la Plataforma hacia la derecha - recorrido completo		
	Subir Plataforma - recorrido completo		
	Bajar Plataforma - recorrido completo		
	Para Cada Martillo		
	Realice una prueba de funcionamiento de la Parada de Emergencia en el lado izquierdo, parte trasera del amazón del martillo funciona correctamente.		
	Realice una prueba de funcionamiento de la Parada de Emergencia en el lado izquierdo, parte delantera del amazón del martillo funciona correctamente.		
	Realice una prueba de funcionamiento de la Parada de Emergencia en el lado derecho, parte trasera del amazón del martillo funciona correctamente.		
	Realice una prueba de funcionamiento de la Parada de Emergencia en el lado derecho, parte delantera del amazón del martillo funciona correctamente.		
	Realice una prueba de funcionamiento de la Parada de Emergencia en la caja de Interconexión en la base del mástil.		

Prueba de Funcionamiento		OK	Reparación / Comentario
	Use el control remoto colgante para realizar las siguientes pruebas. Asegúrese de que las luces de "Advertencia de Movimiento" en la parte inferior del mástil se enciendan para cada prueba:		
	Giro derecha - recorrido completo		
	Giro izquierda - recorrido completo		
	Inclinación Arriba - recorrido completo		
	Inclinación Abajo - recorrido completo		
	Avance - recorrido completo		
	Retroceso - recorrido completo		
	Mástil - subir		
	Mástil - bajar		

TAREAS DE END (ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS)

Nº	Tarea	Si/No o N/A	Técnico (INICIA LES):	Comentarios
Inspecciones de END de la Estructura SKYWAY				
1.	Torres. - Examine cada torre en busca de corrosión, grietas, deformación, daño o desgaste. - Examine todas las soldaduras para detectar grietas. - Examine los agujeros de los pernos en busca de corrosión, grietas, deformación, daño o desgaste. - Examine todos los pernos para detectar daño. Si un perno está dañado, reemplácelo.			
2.	Rieles. - Examine cada riel en busca de corrosión, grietas, deformación, daño o desgaste. - Examine los agujeros de los pernos en busca de corrosión, grietas, deformación, daño o desgaste. - Examine todos los pernos para detectar daño. Si un perno está dañado, reemplácelo.			
3.	Brazos de Torque. - Examine cada brazo de torque en busca de corrosión, grietas, deformación, daño o desgaste. - Examine los agujeros de los pernos en busca de corrosión, grietas, deformación, daño o desgaste. - Examine todos los pernos para detectar daño. Si un perno está dañado, reemplácelo.			
4.	Cremalleras. - Examine cada cremallera en busca de corrosión, grietas, deformación, daño o desgaste. - Examine los agujeros de los pernos en busca de corrosión, grietas, deformación, daño o desgaste. - Examine todos los pernos para detectar daño. Si un perno está dañado, reemplácelo.			
Inspecciones de END del Mástil				

N°	Tarea	Si/No o N/A	Técnico (INICIA LES):	Comentarios
1.	Cuerpo del Mástil. - Examine el cuerpo en busca de corrosión, grietas, deformación, daño o desgaste. - Examine todas las soldaduras para detectar grietas.			
2.	Cilindro del Mástil. - Examine el cilindro en busca de corrosión, grietas, deformación, daño o desgaste. - Examine todas las soldaduras para detectar grietas.			
3.	Ensamblaje del Pasador. - Examine cada pasador en busca de corrosión, grietas, deformación, daño o desgaste. - Examine todas las soldaduras para detectar grietas.			
4.	Riel. - Examine cada riel en busca de corrosión, grietas, deformación, daño o desgaste. - Examine los agujeros de los pernos en busca de corrosión, grietas, deformación, daño o desgaste.			
5.	Pernos. Examine todos los pernos para detectar daño. Si un perno está dañado, reemplácelo.			
Inspecciones de END del Transportador				
1.	Cuerpo del Transportador. - Examine el cuerpo del transportador en busca de corrosión, grietas, deformación, daño o desgaste. - Examine todas las soldaduras para detectar grietas. - Examine todos los pernos para detectar daño. Si un perno está dañado, reemplácelo. Cada perno debe estar apretado con el torque correcto. Consulte el plano de ensamblaje correspondiente. - Examine los agujeros de los pernos en busca de corrosión, grietas, deformación, daño o desgaste.			
Inspecciones de END del Power Pack				

Nº	Tarea	Si/No o N/A	Técnico (INICIA LES):	Comentarios
1.	Examine el Power Pack. - Examine la estructura en busca de grietas, deformación, daños o corrosión. - Examine todas las soldaduras para detectar grietas.			
2.	Puntos de Izaje. Examine todos los puntos de izaje para detectar señales de grietas, deformación, daño o desgaste.			
Inspecciones de END del Martillo				
1.	Examine el grupo Nariz. - Examine la estructura en busca de grietas, deformación, daños o corrosión. - Examine todas las soldaduras para detectar grietas. - Examine todos los pasadores y agujeros de acoplamiento para detectar si hay señales de grietas.			
2.	Examine el grupo Carcasa. - Examine la estructura en busca de grietas, deformación, daños o corrosión. - Examine todas las soldaduras para detectar grietas. - Examine todos los pasadores y agujeros de acoplamiento para detectar si hay señales de grietas. - Examine todas las horquillas detectar si hay señales de grietas, deformación, daño o desgaste.			
3.	Puntos de Izaje. Examine todos los puntos de izaje para detectar señales de grietas, deformación, daño o desgaste.			
Inspecciones de END del Armazón del Martillo				
1.	Examine el Armazón del Martillo. - Examine la estructura en busca de grietas, deformación, daños o corrosión. - Examine todos los pasadores y agujeros de acoplamiento para detectar si hay señales de grietas. - Examine todas las soldaduras para detectar grietas.			

Nº	Tarea	Si/No o N/A	Técnico (INICIA LES):	Comentarios
2.	Examine el Cilindro de Inclinación. Examine todos los muñones para detectar si hay señales de grietas, deformación, daño o desgaste.			
3.	Puntos de Izaje. Examine todos los puntos de izaje para detectar señales de grietas, deformación, daño o desgaste.			
Inspecciones de END de la Plataforma Móvil				
1.	Examine la Plataforma Móvil - Examine la estructura en busca de grietas, deformación, daños o corrosión. - Examine todas las soldaduras para detectar grietas.			
2.	Pasador de Bloqueo Examine el pasador de bloqueo para detectar señales de grietas, deformación, daño o desgaste.			
3.	Jibs Examine los jibs para detectar señales de grietas, deformación, daño o desgaste.			
4.	Puntos de Izaje. Examine todos los puntos de izaje para detectar señales de grietas, deformación, daño o desgaste.			
5.	Baranda. Examine la baranda para detectar señales de grietas, deformación, daño o desgaste.			
6.	Puerta. Examine la puerta para detectar señales de grietas, deformación, daño o desgaste.			
7.	Cavidades para dientes de grúa horquilla. Examine las cavidades para dientes de grúa horquilla para detectar señales de grietas, deformación, daño o desgaste.			
Inspecciones de END de la Estructura de Almacenamiento del Módulo				

Nº	Tarea	Si/No o N/A	Técnico (INICIA LES):	Comentarios
1.	Estructura. - Examine el cuerpo en busca de corrosión, grietas, deformación, daño o desgaste. - Examine los agujeros de los pernos en busca de corrosión, grietas, deformación, daño o desgaste. - Examine todas las soldaduras para detectar grietas.			
2.	Pernos. Inspeccione todos los pernos para detectar daños. Si un perno está dañado, reemplácelo.			
3.	Orejas de izaje. - Examine las orejas de izaje en busca de corrosión, grietas, deformación, daño o desgaste. - Examine todas las soldaduras para detectar grietas.			
4.	Cavidades para dientes de grúa horquilla Examine las cavidades para dientes de grúa horquilla para detectar señales de grietas, deformación, daño o desgaste.			
Inspecciones de END del Carro de Almacenamiento del Martillo				
1.	Estructura. - Examine la estructura en busca de corrosión, grietas, deformación, daño o desgaste. - Examine todas las soldaduras para detectar grietas.			
2.	Puntos de izaje. Examine los puntos de izaje en busca de corrosión, grietas, deformación, daño o desgaste.			
3.	Cavidades para dientes de grúa horquilla. Examine todas las soldaduras para detectar grietas.			
4.	Pernos. Inspeccione todos los pernos para detectar daños. Si un perno está dañado, reemplácelo.			
Inspecciones de END del Soporte de Mantenimiento del Armazón				

Nº	Tarea	Si/No o N/A	Técnico (INICIA LES):	Comentarios
1.	Estructura. - Examine la estructura en busca de corrosión, grietas, deformación, daño o desgaste. - Examine todas las soldaduras para detectar grietas. - Examine los agujeros de los pernos en busca de corrosión, grietas, deformación, daño o desgaste.			
2.	Cavidades para dientes de grúa horquilla. Examine todas soldaduras para detectar grietas.			
3.	Pasadores en forma de gota. Examine los pasadores en forma de gota en busca de corrosión, grietas, deformación, daño o desgaste. Si un pasador con forma de gota está dañado, reemplácelo.			
4.	Pernos. Inspeccione todos los pernos para detectar daños. Si un perno está dañado, reemplácelo.			
Aprobación				
Todas las tareas en este checklist se han realizado. Todo el equipo funciona correctamente. Todo el equipo se puede operar de manera segura.				
Firma del técnico de RME:				
Firma del Representante del Cliente				