

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA

**DESARROLLO PLAN DE MANTENIMIENTO DE HIDROCICLONES KREBS,
TRANQUE EL MAURO, MINERA LOS PELAMBRES.**

Trabajo de Titulación para optar al
Título de Ingeniero de Ejecución en
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Alumno:

Sr. José Luis Santiago Olivares Román

Profesor Guía:

Mg. Ing. Félix Pizarro Martínez

2020

RESUMEN

Keywords: TRASPORTE DE RELAVES, CLASIFICACION DE RELAVES,

En la construcción de un muro de un tranque de relaves se realiza con por la fracción más gruesa del relave, proveniente de un hidrociclón (operación que separa sólidos gruesos de sólidos más finos, mediante impulsión por flujo de agua). La parte fina, denominada Lama, se deposita en la cubeta del depósito.

Capítulo 1: Enfocado en minera los pelambres envolviéndose en la forma de desarrollar su forma de visualizar y elaborar su proceso productivo, su parte operacional, después del proceso de obtención de concentrado y molibdeno, el relave es transportado hacia el tranque por medio de un relaveducto, que equivalen a 60km que posterior mente cambia a transportarse por canaletas de hormigón. Hasta llegar al tranque aquí se divide en descargas de colas y clasificación de áreas donde se divide o clasifica el material en áreas finas y gruesas, con esta información obtenida se establecen las bases operacionales para complementar el área de mantenimiento.

Capítulo 2: La batería de hidrocilones con en la actualidad consta de 18 equipos 8 reciclones y 10 ciclones, que la compañía para potenciar su capacidad de clasificación cambiara a 22 equipos hidrocilones, se recolecta datos como frecuencias de cambios utilizando herramientas de análisis de mantenimiento para lograr establecer la situación actual del punto de vista del mantenimiento y así proyectar a la futura configuración de la batería de hidrocilones para la clasificación de los relaves.

Capítulo 3: Evaluando una estrategia de intervención que logra disminuir tiempo de detención por mantenimiento y optimizar los recursos en terreno para lograr una mejor reacción a la detección de desviaciones de los equipos elaborando planillas de control de inventario y elaborando una pauta de inspección- mantención más efectiva.

Concluyendo se logra una gran capacidad de interacción en desarrollar de trabajos con menos tiempo y mayor reacción de los efectos de desgaste, manteniendo el control de la información de equipos y repuestos.

ÍNDICE

RESUMEN

SIGLAS Y/O SIMBOLOGÍAS

INTRODUCCIÓN 1

OBJETIVO GENERAL 2

OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... 2

CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y OPERACIÓN..... 3

1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA, VISIÓN, EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN..... 5

1.1. LA EMPRESA..... 5

1.1.1. La Historia 5

1.1.2. Valores Antofagasta Minerals 6

1.1.3. Visión AMSA. 6

1.1.4. Visión minera los pelambres 6

1.2. OPERACIÓN 8

1.2.1. Transporte de relaves..... 10

1.2.2. Sistema Cabecera..... 10

1.2.3. Sistemas de Transporte de Relave 12

1.2.4. Relaveductos..... 12

1.2.5. Estación Disipadora..... 12

1.3. TRANQUE EL MAURO 14

1.3.1. Descripción general del proceso tranque 14

1.4. DESCRIPCION DEL PROCESO..... 15

1.4.1. Proceso de clasificación..... 16

CAPÍTULO 2: DIAGNOSTICO DE HIDROCICLON Y RECOPIACION DE ANTECEDENTES ACTUALES..... 21

2. DESCRIPCION DE HIDROCICLON Y RECOPIACION DE ANTECEDENTES ACTUALES..... 23

2.1.	PROBLEMÁTICA.....	23
2.2.	DESCRIPCION DE HIDROCILON	23
2.2.1.	Hidrociclón	24
2.3.	RECOPILACIÓN DE ANTECEDENTES	28
2.3.1.	Condiciones Actuales de batería de ciclones.....	28
2.3.2.	Ciclón v/s Reciclón.....	29
2.3.3.	Reciclones weir Vulco.....	30
2.3.4.	Hidrociclón Krebs.....	31
2.4.	CONDICIONES DE PLAN ACTUAL DE MANTENIMIENTO.	32
2.5.	FRECUENCIA DE CAMBIO DE COMPONENTES	37
2.6.	ANÁLISIS DE DATOS RECOPILADOS	40
2.7.	ANÁLISIS DE CRITICIDAD	42
	CAPÍTULO 3: PRESENTACIÓN DE ESTRATEGIA Y COSTOS.....	47
3.	PRESENTACIÓN DE ESTRATEGIA Y COSTOS.....	49
3.1.	ANÁLISIS CAUSA Y EFECTO.....	49
3.2.	ACTUALIZACION DE PAUTA DE MANTENIMIENTO	51
3.3.	PLANILLA DE CONTROL DE INVENTARIO EN TERRENO	54
3.4.	COSTOS DE INTERVENCIÓN	61
3.4.1.	Costos intervención actual:.....	61
3.5.	ELABORACIÓN PAUTA DE INSPECCIÓN.....	63
3.5.1.	Desarrollo de pauta.	63
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	65
	BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE LA INFORMACIÓN	67
	ANEXOS.....	69
	ANEXO A: PLANO HIDROCICLON	71
	ANEXO B: PLANOS DESPIECE DE CYCLOWASH	72
	ANEXO C PLANOS DESPIECE DE BATERÍA DE HIDROCICLONES.....	73
	ANEXO D: PLANOS DESPIECE MANIFOLD DE CARGA.	74
	ANEXO E: COTIZACIÓN COMPONENTES	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Logo Compañía minera los Pelambres.....	7
Figura 1-2 Trazado general proceso.....	8
Figura 1-3 Planta de harneado y bombeo.....	11
Figura 1-4 Planta de cabecera STR.....	11
Figura 1-5 Esquema tranque.....	15
Figura 1-6 Trazado de relave.....	18
Figura 2-1 Representación de separación de fluido.....	28
Figura 2-2 Batería hidrociclones 2019.....	29
Figura 2-3 MAF de inspección.....	33
Figura 2-4 MAF de inspección.....	34
Figura 3-1 Contenedor de repuestos en terreno.....	51
Figura 3-2 Contenedor de repuestos en terreno.....	52
Figura 3-3 Lay out contenedor repuesto en terreno.....	53
Figura 3-4 Seguimiento de orden de trabajo actual.....	56
Figura 3-5 Aviso para intervención.....	59
Figura 3-6 Notificación de tarea realizada.....	60
Figura 3-7 Distribución de las tareas.....	61
Figura 3-8 Número de aviso.....	62
Figura 3-9 Costo de la tarea HH.....	62
Figura 3-10 Pauta de inspección.....	63

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 1-1 Proceso productivo.....	9
Diagrama 1-2 Estación disipadora de energía.....	13
Diagrama 1-3 Proceso tranque.....	16
Diagrama 1-4 Proceso de clasificación.....	17
Diagrama 2-1 Hidrociclón.....	25
Diagrama 2-2 Reciclón.....	30
Diagrama 2-3 Hidrociclón DS20LB.....	31
Diagrama 3-1 causa y efecto.....	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 Control -200# (húmedo) por ciclón. 35

Tabla 2-2 Listado código SAP. 36

Tabla 2-3 Cambio de componentes por mes 1er semestre 2019. 37

Tabla 2-4 Cantidad por componentes cambiados. 38

Tabla 2-5 Cantidad por componentes cambiados. (Continuación) 38

Tabla 2-6 Cantidad por componentes cambiados. (Continuación) 39

Tabla 2-7 hidrociclón con más intervenciones en primer semestre 42

Tabla 2-8 análisis RMC.....43

Tabla 2-9 impacto de mantenimiento. 43

Tabla 2-10 análisis de consecuencias. 44

Tabla 2-11 Criticidad de equipos 44

Tabla 2-12 Simbología 45

Tabla 3-1 listado de repuestos en terreno. 54

Tabla 3-2 Entradas de repuestos a bodega de terreno. 55

Tabla 3-3 Salida de repuestos a bodega de terreno. 55

Tabla 3-4 Planilla MLP de solicitud de agregar equipos a sistema SAP. 58

Tabla 3-5 Planilla MLP de solicitud de agregar equipos a sistema SAP. 58

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 2-1 Fuerza sobre la partícula. 26

Ecuación 2-2 velocidad contaste de la partícula 27

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 2-1 Pareto 41

SIGLAS Y/O SIMBOLOGÍAS

SIGLAS

AMSA	:	Antofagasta Minerals Sociedad Anónima.
MAF	:	Pauta de tarea de inspección.
MLP	:	Minera los Pelambres.
P80	:	Tamaño de partículas medidas en micrones por donde pasa el 80% el material.
PCP	:	Planta Concentradora Los Piuquenes.
PHBR	:	Planta de Harneado y Bombeo de Relaves.
STR	:	Sistema transporte de relaves.
STR 28"	:	Sistema de Transporte de Relaves mediante tubería de 28".
STR 36"	:	Sistema de Transporte de Relaves mediante tubería de 36".
TAG	:	Código de Identificación de equipo.

SIMBOLOGÍAS

ktpd	:	Miles de toneladas por día, unidad de producción de relaves.
------	---	--

INTRODUCCIÓN

En minera los pelambres, existen problemas de desgaste. En el proceso de clasificación de partículas de relaves, el desgaste es un problema presente en el área de transporte y clasificación de los relaves.

El relave es un fluido que posee una gran cantidad de partículas abrasivas en el proceso de transporte y clasificación, ya que está compuesto de material estéril, este material debido a ser un fluido transportado por medio de tuberías y canaletas hacia el tranque es altamente abrasivo.

Al equipo de mantenimiento se le plantea la inquietud de parte de operaciones cual es el criterio de intervención y como poder mejorar los tiempos que se detienen los equipo por inspección, por lo cual empezando en un futuro cambio de configuración de la actual batería de hidrociclón que consta con 2 tipo de equipos un hidrociclón de 1 etapa y un reciclón de 2 etapas.

El plan actual de mantenimiento consiste en una actividad de inspección semanal, en la cual se revisa los elementos de desgaste de los hidrociclones que estén con un mallaje de clasificación de relaves elevado (porcentaje de partículas finas).

Según lo anterior se propone generar un plan de mantenimiento que se mezcle la inspección y al detectar anomalías se ejecute el cambio de componentes de más rápida reacción, mejorando los recursos actuales con herramientas de mantenimiento y gestión de inventarios y así asegure la confiabilidad y disponibilidad de la clasificación de arena de la batería de hidrociclones, esto en función de los materiales y horas hombre necesarias para ejecutar el trabajo.

Para esto se utilizarán herramientas de mantenimiento y análisis de datos, los que se puedan recolectar dentro del sistema de gestión que utiliza la compañía, en este caso es SAP, también se recopilara información de funcionamiento operacional del proceso de tratamiento de relave desde el nacimiento de los relaves y así tener la mirada amplia para lograr un buen desempeño en la elaboración de este trabajo.

OBJETIVO GENERAL

Proponer una mejora al plan de mantenimiento de la batería de hidrociclones Krebs de tranque de relaves el mauro, Minera los Pelambres, considerando aspectos de inventario y decisiones operativas, buscando disminuir tiempos de intervención

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- I. Describir el contexto operativo del proceso de transporte y clasificación de relaves de tranque El Mauro, a través del método lógica de mapeo de proceso, establecer bases operativas donde se desarrolla el trabajo de título.
- II. Diagnosticar la situación actual de la batería de hidrociclones del tranque El Mauro en base a parámetros operativos para establecer bases de mejora.
- III. Elaborar estrategia funcional de mantenimiento, gestión de inventario y repuesto buscando la mejora del tiempo de intervención, Evaluando costos y beneficios.

CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y OPERACIÓN.

1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA, VISIÓN, EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN

El estudio para poder entender la filosofía de la compañía en sus procesos productivos, se estudia los valores y su operación.

1.1. LA EMPRESA

Minera Los Pelambres es un yacimiento de sulfuro ubicado en la región de Coquimbo, en Chile, a 240 kilómetros al norte de Santiago. Específicamente en el valle del Choapa comuna de salamanca, Los Pelambres produce concentrado de cobre, que además contiene oro y concentrado de molibdeno, mediante un proceso de molienda y flotación.

1.1.1. La Historia

Minera los Pelambres evoluciona en la siguiente línea de tiempo:

- 1914, William Braden Burford explora el área del depósito Los Pelambres
- 1969/1971, ENAMI realiza exploración para definir potencial del depósito
- 1978, Anaconda Minerals adquiere a ENAMI los derechos sobre Los Pelambres
- 1985, Antofagasta Holdings adquiere Anaconda Chile y sus derechos sobre Los Pelambres
- 1992, Los Pelambres inicia operación subterránea a pequeña escala (5 ktpd)
- 1997, Aprobación EIA, inicio y construcción del proyecto Minera Los Pelambres con 85ktpd. Socios Japoneses toman 40% de participación.
- 1999, Puesta en marcha exitosa; completada en 84 días con una capacidad de 85 ktp.

- 2004/2009. Varios proyectos de expansión hasta una capacidad nominal de 175 ktpd.
- 2016-2017, Evaluación EIA Proyecto Infraestructura Complementaria (INCO).

1.1.2. Valores Antofagasta Minerals

Antofagasta Minerals es el principal Grupo Minero Privado de Chile, y uno de los 10 mayores productores de cobre en el mundo. Basamos nuestra gestión en valores claros y conocidos, que reflejan lo mejor de nuestra historia y definen la forma cómo queremos hacer minería.

Sabemos que no da lo mismo cómo hagamos las cosas, para eso contamos con una Carta de Valores que fue construida por todos en las operaciones y que es la guía para la toma decisiones en nuestro trabajo, siendo los siguientes:

- I. Respeto
- II. Responsabilidad por la seguridad y la salud
- III. Compromiso con la sustentabilidad
- IV. Excelencia en nuestro desempeño diario
- V. Innovación como práctica permanente

1.1.3. Visión AMSA.

La estrategia de nuestro negocio busca generar valor con una mirada de largo plazo, tanto para el accionista como para otros públicos de interés. Aprendemos de nuestros errores y tenemos la flexibilidad y coraje para enfrentar desafíos cambiantes.

1.1.4. Visión minera los pelambres

Ser una compañía minera de cobre y derivados de alta rentabilidad, con una reconocida reputación de excelencia operacional y confiabilidad, proactiva e innovadora en los ámbitos económicos, sociales y ambientales, percibidos como un socio estratégico de largo plazo en el desarrollo de la IV región.

1.1.4.1 Objetivos Estratégicos

- I. Sin accidentes fatales, sin incidentes ambientales, sociales ni laborales mayores
- II. Producción por sobre 400.000 toneladas de cobre fino pagable filtrado al año
- III. 1er cuartil de costos y productividad
- IV. En proceso de construcción del Proyecto de Desarrollo
- V. Nivel de tratamiento estabilizado al máximo autorizado y continuamente buscando aumentar su rendimiento
- VI. Modelo innovador en la gestión de comunidades, fuentes de energía renovables, gestión del recurso hídrico y sustentabilidad
- VII. Entre las 5 mejores empresas para trabajar en Chile y en el desarrollo profesional de sus trabajadores



Fuente: Departamento de producción. ANTOFAGASTA MINERALS S.A. Av. Apoquindo 4001, Piso 18.
Las Condes, Santiago. Chile

Figura 1-1 Logo Compañía minera los Pelambres.

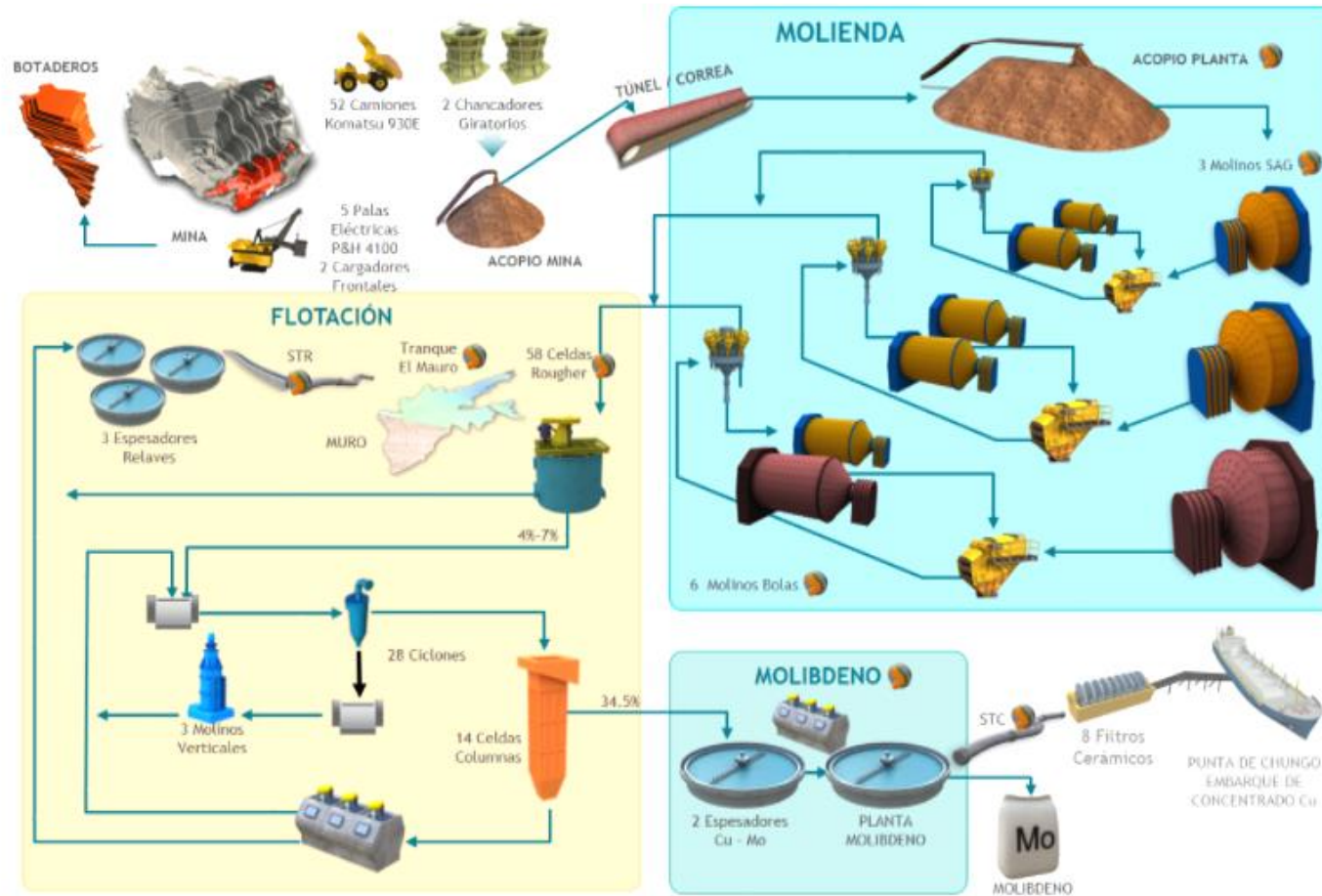
1.2. OPERACIÓN

A diferencia de otras grandes mineras en Chile que desarrollan su negocio en zonas desérticas y escasamente pobladas, la actividad de Minera Los Pelambres se sitúa a lo largo de un valle agrícola (Valle del Choapa, Región de Coquimbo) (fig. 1-2.). Sus instalaciones recorren 120 Km desde la cordillera al mar. En el entorno existen más de 40 comunidades y 84 mil personas (diagrama 1-1.). Es una zona rica en biodiversidad.



Fuente: Manual de operaciones MLP.

Figura 1-2 Trazado general proceso



Fuente: Manual de operaciones MLP.

Diagrama 1-1 Proceso productivo

1.2.1. Transporte de relaves.

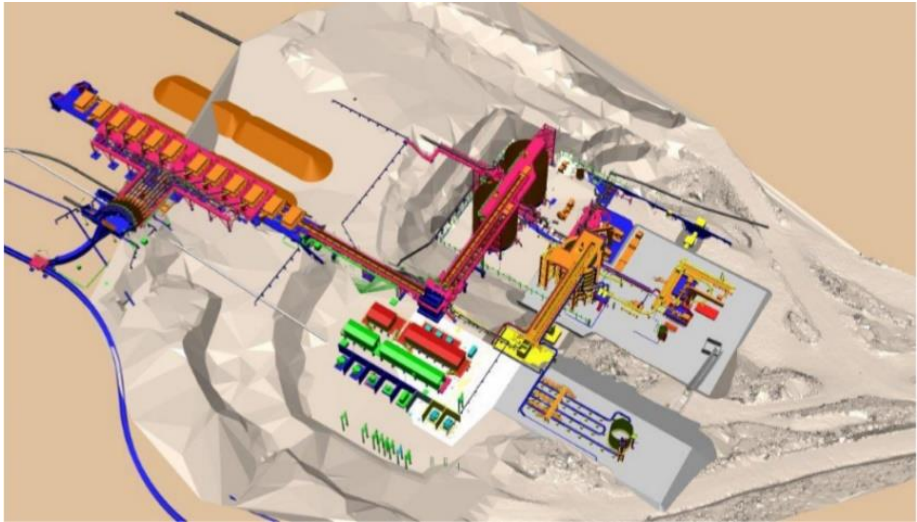
El transporte de relaves desde la descarga de los espesadores de planta Concentradora Piuquenes hasta el Cajón Distribuidor de Relaves al final del Túnel Las Ánimas II está conformado por el Sistema de Cabecera y los Relaveductos propiamente tal.

1.2.2. Sistema Cabecera.

El Sistema de Cabecera comprende las instalaciones en la zona del tranque Quillayes (agua de dilución y lavado, acondicionamiento de la pulpa, harneado, almacenamiento y agitación, bombeo, distribución eléctrica, instrumentación, comunicaciones) y termina en el primer flange de la tubería del Relaveducto. (fig.1-3).

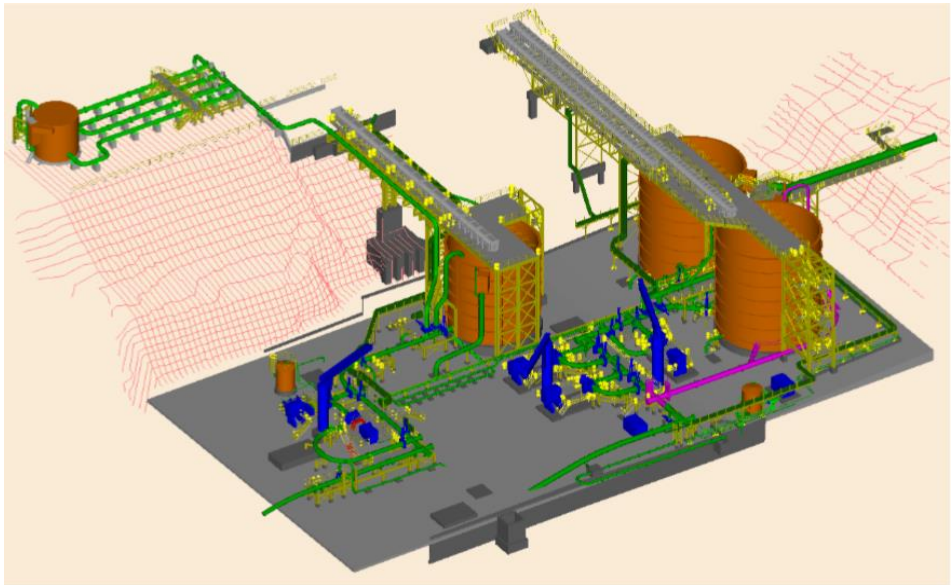
Para acondicionar el relave se utilizan harneros lineales, los cuales retiran el material particulado sobre 1,3 mm para proteger las líneas de transporte (relaveductos). La fracción ultra gruesa es derivada a una pila de acopio para su posterior transporte vía camiones. El relave pasante es conducido hasta el(los) estanques de cabeza de ambos relaveductos mediante la canaleta colectora de bajo tamaño.

Los estanques de cabeza proveen la carga de cabeza normal del transporte de relaves hasta el Tranque Mauro por medio de los sistemas de transporte de relaves, STR 28" y 36". Los relaveductos, deben operar sobre el mínimo permitido de acuerdo con el Cp del relave. Para el transporte de flujos mayores, la carga adicional es aportada mediante tres bombas centrífugas con 3.700 hp de potencia cada una para el STR 36" y por dos bombas centrífugas con 2.500 hp de potencia instalada cada una para el STR 28"



Fuente: Manual de operaciones sistema de transporte de relaves

Figura 1-3 Planta de harneado y bombeo.



Fuente: Manual de operaciones sistema de transporte de relaves

Figura 1-4 Planta de cabecera STR.

1.2.3. Sistemas de Transporte de Relave

Los Sistemas de Transporte de Relaves, STR 36" y STR 28", corresponden al sistema de instalaciones mediante el cual los relaves son transportados hidráulicamente en presión, desde el(los) estanques de cabeza hasta su sitio de disposición final en el Tranque Mauro, por una longitud total de 49,2 km cada uno. También incluye una canaleta de transporte en el túnel Las Ánimas y sistemas de infraestructura. Los Relaveductos (ambos) comprenden en general:

- Líneas de Transporte (Relaveductos 36" y 28")
- Estación Disipadora para el STR 36" y STR 28"
- Sistemas de Drenaje y Venteo
- Canaleta interior Túnel Las Ánimas II
- Puntos de Control de Desgaste de Tuberías
- Trazado y plataforma asociada
- Túneles y obras de Arte.

1.2.4. Relaveductos

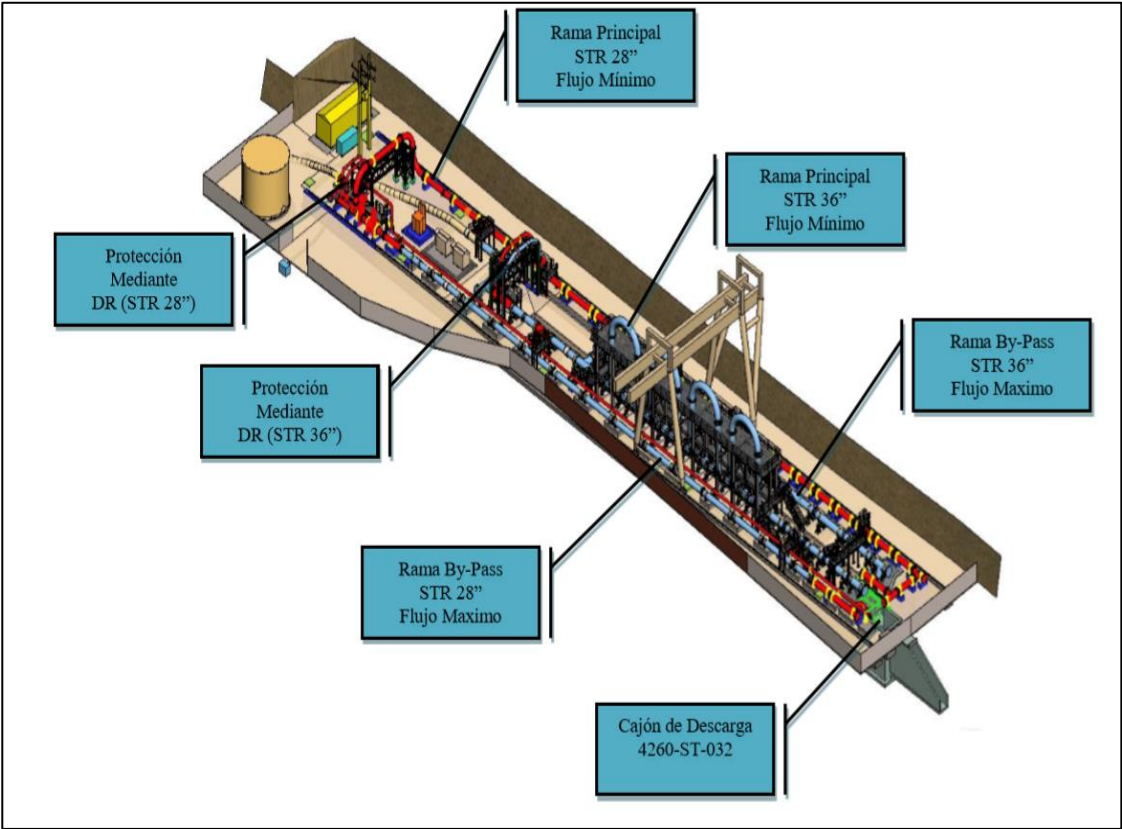
Los Relaveductos incluyen dos líneas de tuberías que operan en presión entre la descarga de las bombas de impulsión (km 0) en la PHBR o desde la descarga de los estanques de cabeza (4150-TK-002/003/1004) correspondientes a cada STR y la entrada del Túnel Las Ánimas II, aguas abajo de la ED (cajón descarga relaveducto, 4260-ST-032).

Luego, se inicia el transporte por canaleta de hormigón, cruzando el Túnel Las Ánimas (a lo largo de 3 km) hasta el cajón de Distribución de Relaves en el área Tranque Mauro (4320-ST-034).

1.2.5. Estación Disipadora

La Estación Disipadora (ED) (diagrama 1-2). se ubica en el km 49,1 de los relaveductos y es donde descargan los STRs (28" y 36") hacia el cajón de descarga (4260-ST-032). Este punto, inicia la canaleta Las Ánimas

Cada STR, cuenta con una rama de anillos disipadores, los cuales permiten disipar la energía excedente asociada a los flujos menores de transporte dentro del rango de diseño y controlar las presiones de operación, manteniendo el punto alto La Guardia y el tramo inicial de cada relaveducto con la presión necesaria para evitar la separación de columna y operación en acueducto. Para ello, el STR 36” cuenta con anillos disipadores instalados en 4 loops, que podrán ser activados o desactivados en función del flujo a transportar. Por otra parte, el STR 28” cuenta con una rama con disipación (1 loop con anillos) y otra rama by pass, ver apartado 9.5 Rango de Operación de los Relaveductos.



Fuente: Manual de operaciones sistema de transporte de relaves

Diagrama 1-2 Estación disipadora de energía

1.3. **TRANQUE EL MAURO**

Minera Los Pelambres (MLP) está operando el Tranque de Relaves El Mauro, ubicado en la IV Región, en el cuál dispone los relaves provenientes de la Planta Concentradora Piuquenes (PCP). La capacidad actual de este depósito es de 1700 Mt.

Los relaves son dispuestos en el Tranque El Mauro mediante un sistema de distribución configurado de la siguiente forma:

- I. Cajón de recepción de relaves (ST032),
- II. Canaleta al interior del túnel Las Ánimas II de 3,6 km de longitud,
- III. Cajón distribuidor de relaves (ST034) a planta de clasificación o cola,
- IV. Canaleta de descarga a la cola del tranque de 6,5 km de longitud (3 descargas directas a cubeta para manejo de laguna de aguas claras), y
- V. Canaleta de 7,3 km de longitud que alimenta a la planta de clasificación de relaves.

En la planta se clasifica una parte de los relaves producidos por la Planta Concentradora (PCP), y mediante cicloneo, se producen las arenas necesarias para la construcción del muro de contención

1.3.1. **Descripción general del proceso tranque**

El Tranque El Mauro ha sido diseñado para almacenar y disponer en forma adecuada los relaves producidos en la PCP de MLP.

El diseño de este tranque contempla la construcción de un muro de arena, que al final de su vida útil tendrá 237 m de altura, una longitud de 1.450 m y cota de coronamiento final 983 msnm, el cual cerrará el cauce del Estero Mauro. Se estima una vida útil hasta el 2037 de acuerdo con el actual plan minero (175 ktpd nominal), al cabo de los cuales se habrá completado el siguiente balance:

• Sólidos totales	:	1.700 Mt
• Relaves en la cubeta	:	1.533,3 Mt
• Arenas producidas y puestas en muro	:	166,7 Mt
• Recuperación de agua e impulsión a planta	:	600 l/s (media anual)

Los datos anteriores fueron obtenidos a partir del plan de deposición, Modelo Etapa 6, elaborado por Amec, informe de crecimiento tranque El Mauro, 2018”

El muro principal está construido mediante el método de construcción de aguas abajo, de tal manera de disponer de revanchas operacionales mínimas suficientes para embalsar 1.270 Mm3 y para tolerar asentamientos de 3 m por eventuales solicitaciones sísmicas.



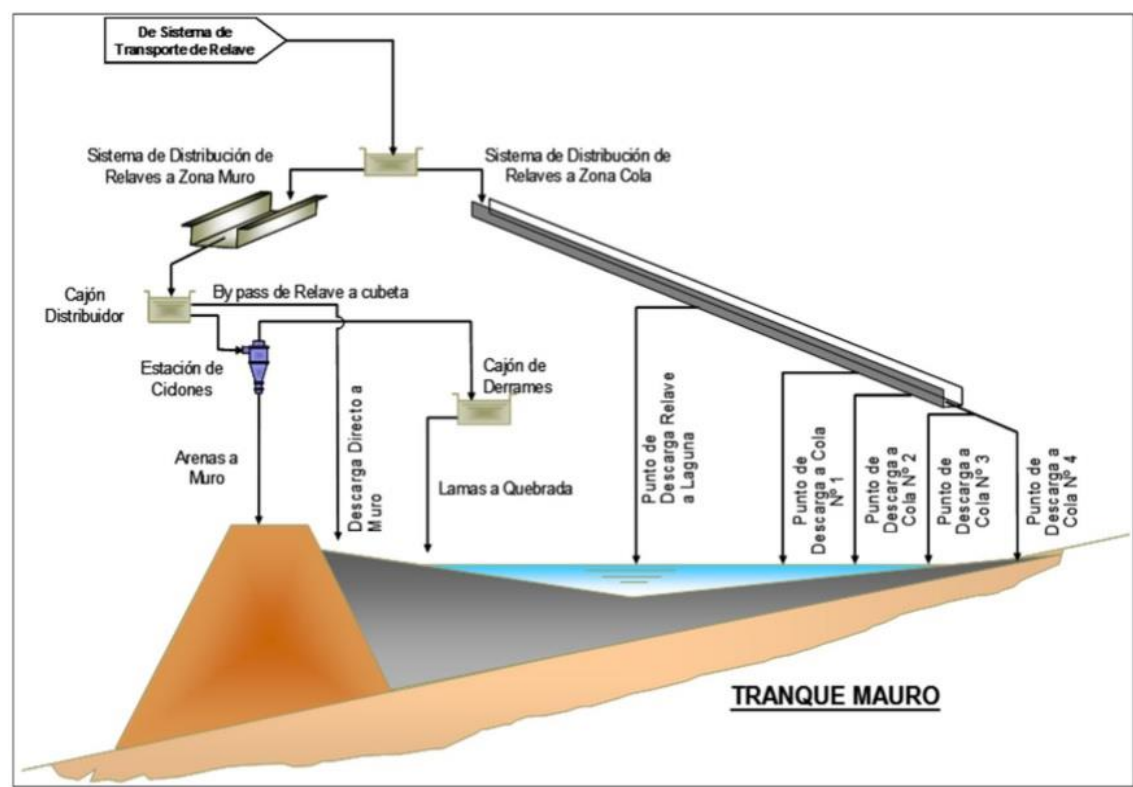
Fuente: Manual de operaciones sistema de transporte de relaves

Figura 1-5 Esquema tranque

1.4. DESCRIPCION DEL PROCESO

Los relaves transportados por el STR son recibidos por la canaleta de Tranque El Mauro y transportados hacia la Planta de Hidrociclones en el área de Ciclones (diagrama 1-3). El flujo es recibido en primera instancia en el cajón ST-032 en la estación disipadora, desde este se conduce a través de una canaleta de hormigón de 11,2 Km de longitud, pasando por el túnel Las Animas II de 3,6 Km de longitud. A la salida del túnel se encuentra el cajón de distribución de relaves (4320-ST-034), el cual recibe el flujo proveniente de la canaleta que se encuentra al interior del túnel, a su vez este cajón entrega

los relaves hacia la canaleta que los transporta hasta la estación de hidrociclones (válvula 4320-ST-056), o bien, desvía los relaves hacia la cola del tranque descargando mediante (válvula 4320-ST-057). El relave de la canaleta es conducido hacia el cajón (4320- ST-035), en el cual se inicia el área de Ciclones y su proceso principal de Clasificación de Arenas, como demuestra el trazado en el diagrama 1-4.

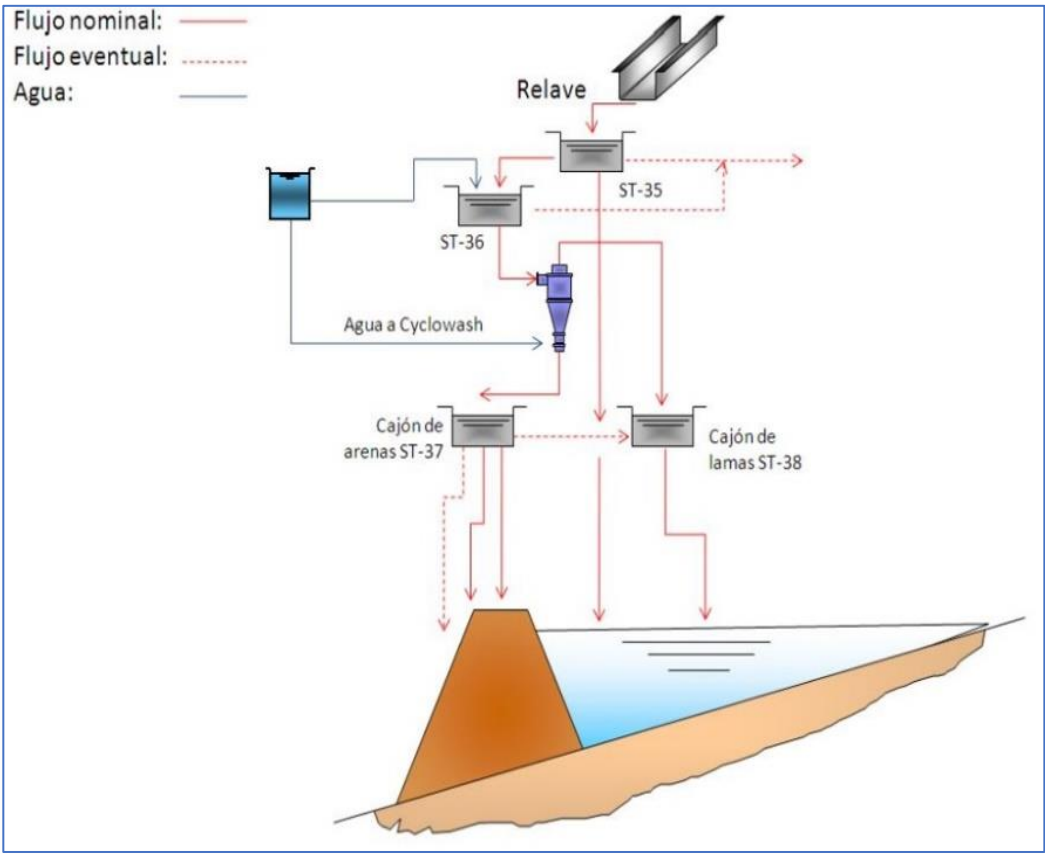


Fuente: Instructivo Clasificación de Arenas en Planta de Hidrociclones

Diagrama 1-3 Proceso tranque.

1.4.1. Proceso de clasificación

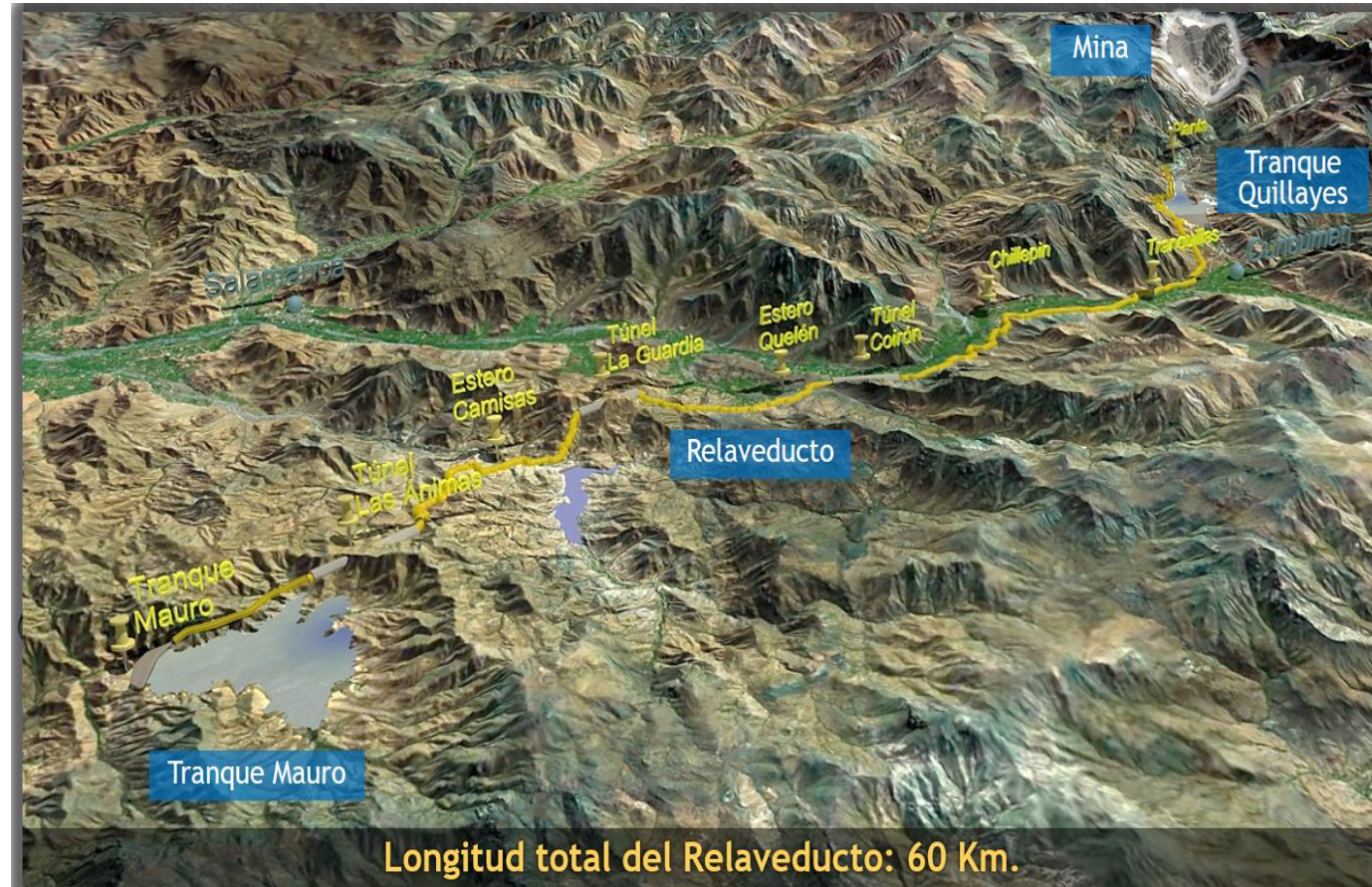
El objetivo principal del proceso de Clasificación de relaves es producir arena en cantidad y calidad apta para ser dispuesta y compactada en el muro principal del Tranque, según las especificaciones técnicas de construcción del muro, esto es, porcentaje de linos (porcentaje pasante malla Tyler#200) promedio 15%, operando en el rango de 12%-17% y una concentración de salidos entre 68%-73% en peso.



Fuente: Instructivo Clasificación de Arenas en Planta de Hidrociclones

Diagrama 1-4 Proceso de clasificación.

Según lo explicado en anteriormente la siguiente imagen demuestra el trazado del proceso del transporte de relaves (STR) hasta la depositación tanto en el muro y cubeta de tranque de relaves el Mauro (diagrama 1-4).



Fuente: Manual de operaciones sistema de transporte de relaves

Figura 1-6 Trazado de relave

Entendiendo la forma de producción y/o funcionamiento de la compañía se tomará de forma didáctica, como base para la toma de decisiones de los pasos de seguir en el siguiente capítulo, que se conocerá un hidrociclón y su funcionamiento, para poder resolver planes de acción y así realizar búsqueda de datos y poder identificar las anormalidades en la ejecución del mantenimiento de la batería de hidrociclones.

**CAPÍTULO 2: DIAGNOSTICO DE HIDROCICLON Y RECOPILACION DE
ANTECEDENTES ACTUALES.**

2. **DESCRIPCION DE HIDROCICLON Y RECOPIACION DE ANTECEDENTES ACTUALES.**

Identificar el problema que participa dentro del funcionamiento de los equipo. definiendo concetos de operación.

2.1. **PROBLEMÁTICA**

Considerando los datos anteriores MLP aumentaría su capacidad de producción de la planta concentradora piuquenes por lo tanto también necesitará una mayor capacidad de la batería de hidrociclones para realizar clasificación, para estos se cambiará el formato actual de 18 equipos de clasificación (10 krebs y 8 vulco), por un total de 22 hidrociclones Krebs, además son de menor dimensión que los vulco eso logra aumentar la capacidad de equipos en la batería.

Considerando que también los ciclones Krebs tiene mayor capacidad de procesar el flujo de relaves.

También se debe realizar un mejoramiento al plan de mantenimiento actual:

- Pauta de mantenimiento (MAF de SAP)
- Identificación de equipo de tener un TAG general de la batería a pasar a una identificación individual o usando un equipo asociado a su estado(detenido/operando).

2.2. **DESCRIPCION DE HIDROCILON**

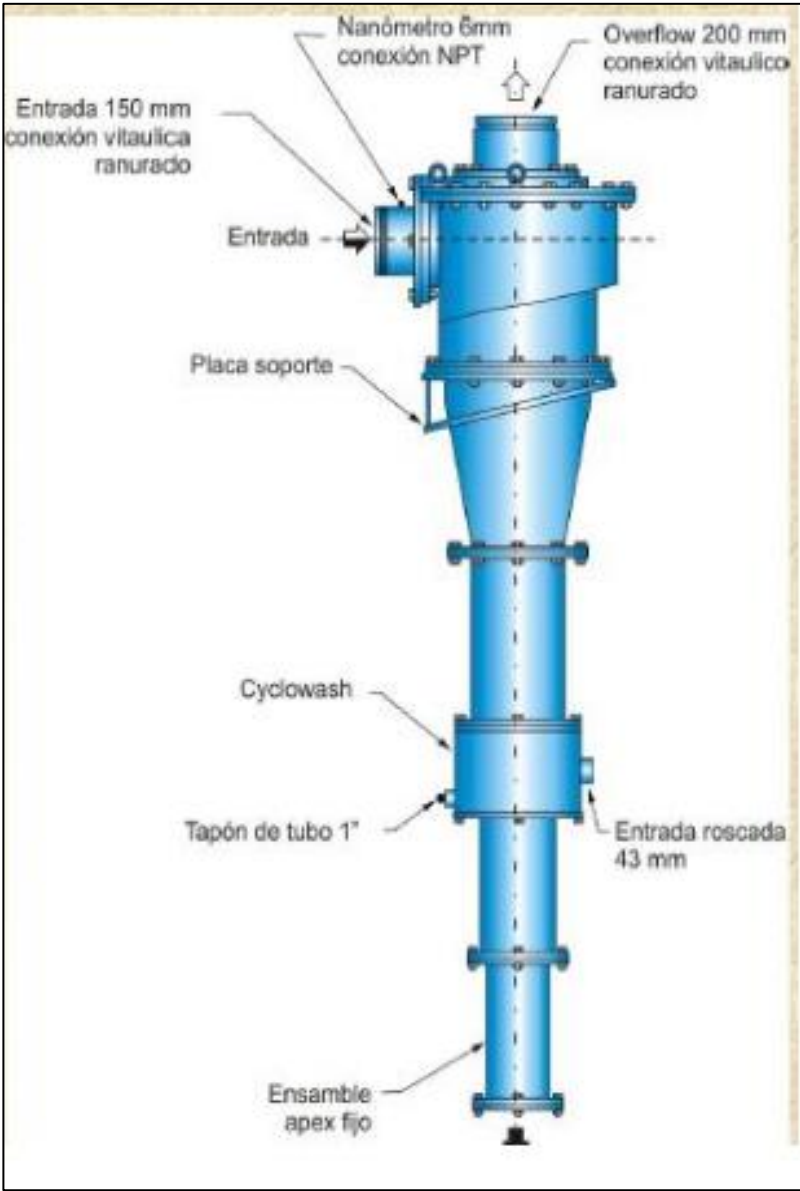
Definicion de la forma de trabajo y comportamiento de un hidrociclon. Para entender como actuar para ir definiendo un buen plan de mantenimiento.

2.2.1. Hidrociclón

La separación por sedimentación de partículas se da en la naturaleza en cualquier lago o estanque donde se introduce agua turbia. Las partículas se posan en el fondo, formando un sedimento que posee un grado de espesado en relación con la concentración de la alimentación (feed), mientras que el agua sobrante es clarificada y eliminada como flujo superior (overflow).

Los mismos fenómenos ocurren en una suspensión en rotación, donde fuerzas centrífugas mucho mayor a las producidas por la gravedad producen los efectos de separación por el aumento del grado de sedimentación. Los equipos que se emplean normalmente para este propósito son las centrífugas con camisa maciza, y los hidrociclones pueden ser considerados como una centrífuga de camisa maciza, en la cual esta permanece fija, mientras que la rotación de la suspensión es producida por la propia alimentación al ciclón, tangencialmente y a presión.

La suspensión de alimentación forma un torbellino primario a lo largo de la superior interior de la pared de las partes cilíndrica y cónica, dirigiéndose al exterior a través del vórtice cónico. Al ser este estrecho, solamente una parte de la corriente es evacuada como flujo inferior (underflow), transportando las partículas gruesas o inclusive todos los sólidos con ella. La mayoría del líquido (que ha sido limpiado por la sedimentación de los sólidos en el torbellino primario, o bien que transporta las partículas finas sobrantes con el), es forzado a abandonar el ciclón a través de la tobera del flujo superior (overflow) formando un torbellino secundario ascendente alrededor del núcleo de la carcasa. En el interior del núcleo se crea una depresión, que recoge todo el aire que ha sido transportado como burbujas o disuelto en el agua de alimentación. También el vapor creará esta visible columna central de aire. Debido al incremento de la velocidad tangencial en el torbellino secundario, las altas fuerzas centrífugas generadas traen consigo una eficiente separación secundaria. Las partículas finas rechazadas sedimentan radialmente y se unen al torbellino primario; la mayoría de estas partículas son evacuadas finalmente a través de la boquilla formada por el vórtice del cono. Por consiguiente, la separación dentro de un hidrociclón tiene lugar como resultado de estos dos procesos, y el punto de corte final será determinado principalmente por la aceleración centrífuga del torbellino secundario interior



Fuente: <https://docplayer.es>

Diagrama 2-1 Hidrociclón

2.2.1.1 Principios Básicos de Funcionamiento de los Hidrociclones

Las fuerzas que actúan sobre las partículas livianas dentro de un medio denso, provocando la flotación de estas, producen además que estas asciendan a la superficie, mientras que las partículas más densas, al ser más pesadas que el fluido que desplazan, se hunden.

Las magnitudes de estas fuerzas, gravitacionales y de empuje, son de mucha importancia, ya que estas son las que regirán la velocidad con la que se producirá la

separación de las partículas, lo cual a su vez determinará cual debe ser la capacidad del hidrociclón.

Para separadores centrífugos, el balance entre estas fuerzas gravitacionales (centrifugas) y de flotación (empuje) puede escribirse como:

$$F = (M_s - M_f) \cdot \frac{V^2}{R}$$

Fuente: Taller de diseño mecánico, facultad de ciencias físicas y matemáticas U. de Chile.

Ecuación 2-1 Fuerza sobre la partícula.

Donde:

- F : Fuerza sobre la partícula.
- M_s : Masa de la partícula.
- M_f : Masa del fluido desplazado por la partícula.
- v : Velocidad Tangencial de la partícula.
- R : Radio del ciclón.

La fuerza resultante sobre la partícula se balanceará, sin embargo, cuando la partícula en cuestión alcance la velocidad terminal. Las partículas que estén sujetas a una fuerza resultante pequeña, se comportarán según la Ley de Stokes, donde la resistencia del fluido se debe principalmente a su viscosidad. Las partículas que estén sujetas a fuerzas de mayor magnitud, se regirán según Newton, donde la resistencia del fluido es principalmente inercial e independiente de la viscosidad. A raíz de esta disyuntiva, es que no es posible lograr una única ecuación que describa la velocidad terminal que alcanzaran las partículas en el medio.

En un hidrociclón típico, las fuerzas actuando sobre una partícula que se encuentra en el cilindro de alimentación son del orden de 20 veces mayores que la fuerza de gravedad. En la sección cónica del hidrociclón, sin embargo, la velocidad tangencial de la partícula aumenta siguiendo la siguiente relación:

$$v\sqrt{R} = \text{constante}$$

Fuente: Taller de diseño mecánico, facultad de ciencias físicas y matemáticas U. de Chile.

Ecuación 2-2 velocidad constante de la partícula

Con lo que se obtiene que, en el Apex, la aceleración aumente hasta ser del orden de 200 veces la aceleración de gravedad.

Los separadores de medios densos que existen actualmente tienen, en su mayoría, diámetros que se mueven en el rango de 0.5 - 1 m, donde los de 0.5 m de diámetro tienen capacidades de procesamiento del orden de las 50 tph. Un ángulo usual para la sección cónica es de 20° grados.

2.2.1.2 Diagrama ideal de flujo

El flujo ideal en un hidrociclón es una espiral ascendente contenida de otra espiral descendente.

El fluido que entra a gran velocidad debido a la presión de entrada, comienza a deslizarse tangencialmente por las paredes del ciclón, formando el espiral exterior ascendente.

La presencia del Apex en la cabeza de parte cónica hace que una parte del fluido se separe de la masa descendente de la espiral exterior, originando el flujo de descarga, llamado también UNDERFLOW, que arrastra consigo los productos gruesos de la separación. Este flujo aumenta cuando el ángulo θ de la sección cónica, crece.

La cantidad de flujo que no descarga en el apex sigue su movimiento rotatorio con un cambio en la componente vertical de su velocidad que origina una espiral interior que lleva consigo los materiales más finos de la separación, los cuales salen por la abertura superior llamada VORTEX-FINDER. A este flujo ascendente se le llama Overflow.

Es importante notar que tanto el espiral descendente como el ascendente giran hacia el mismo lado, como se aprecia en el esquema de la siguiente figura.



Fuente: <https://gfycat.com/malefabulousbear>

Figura 2-1 Representación de separación de fluido.

2.3. RECOPILACIÓN DE ANTECEDENTES

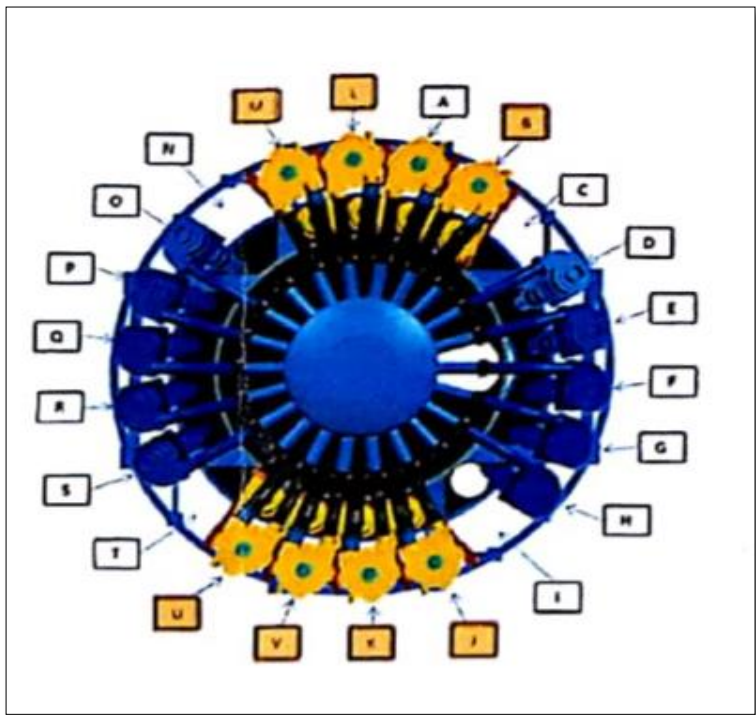
Recopilar datos de sistema SAP, carpetas y vendedores de equipo para el desarrollo de este estudio.

2.3.1. Condiciones Actuales de batería de ciclones

La fracción del relave que pasa a la etapa de clasificación se diluye hasta alcanzar una concentración de sólidos entre 45 y 52% P/P. La etapa de clasificación está compuesta por una batería de 10 Hidrociclones de 20 in, marca Krebs y 8 Reciclones marca Vulco (Fig.2-2). Está ubicada en la cota 960,9 msnm. La fracción de relaves no clasificados es descargada directamente a la cubeta desde el muro.

En la clasificación los relaves son separados en arenas y lamas entre un 30% a 40% de arenas y 60% a 70% de lamas. Las lamas son descargadas directamente a la cubeta del Tranque mientras que las arenas son colocadas en el muro principal, según el programa de construcción. Las arenas son conducidas desde el underflow por una línea de 24 in hasta el Cajón de Arenas, ubicado en la cota 952,5 msnm. Desde este cajón son enviadas

hacia el muro a través de 3 líneas (2 operando y 1 stand by o 1 operando y 2 stand by, dependiendo de la operación de STR) que alimentan las descargas (spigots o bigotes). Finalmente, las lamas producidas por la batería de Hidrociclones son conducidas por una línea hasta el Cajón colector de derrames, ubicado en la cota 953 msnm. Desde este cajón se descargan las lamas a la cubeta del Tranque en el sector del muro y sectores próximos al estribo izquierdo con la finalidad de reducir las lagunas aisladas.



Fuente: Elaboración propia basado en condiciones actuales de los equipos.

Figura 2-2 Batería hidrociclones 2019.

2.3.2. Ciclón v/s Reciclón

Como se comenta anteriormente la batería de hidrociclones consta con 2 equipos distintos que son:

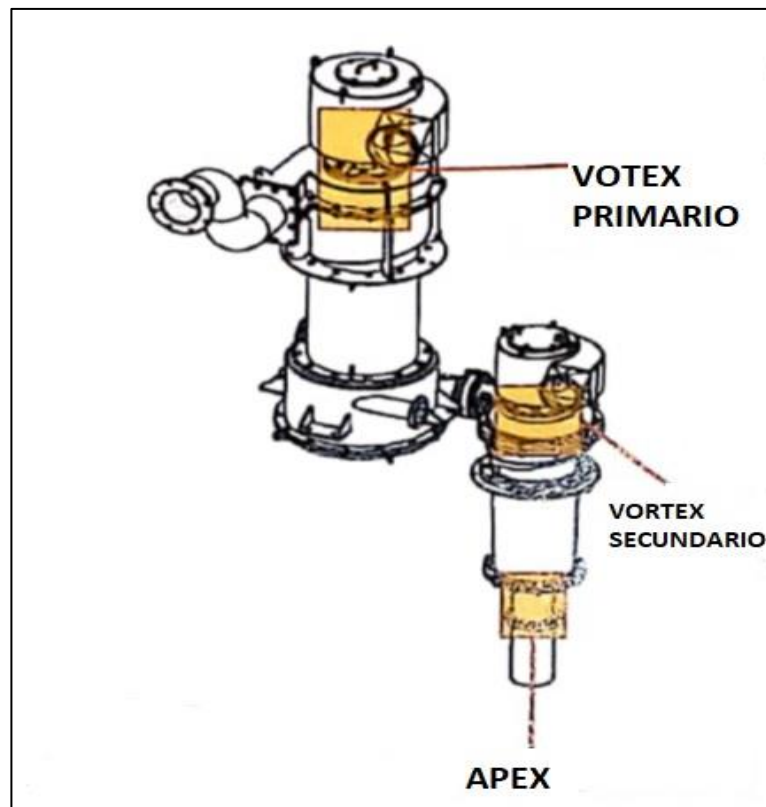
2.3.3. Reciclones weir Vulco

La batería de tranque el Mauro opera con 8 equipos.

El Reciclón es un equipo de separación y clasificación en dos etapas, consiste en un hidrociclón cilíndrico primario con su flujo inferior corriente directamente acoplada a un hidrociclón cilíndrico-cónico secundario sin la necesidad de bombeo intermedio.

Como desventaja presentan:

- Problema de desgaste en la zona de transferencia.
- Mal control sobre el flujo dividido hacia el ciclón secundario.
- Mayor tiempo de intervención del mantenimiento.
- Menor capacidad de procesar pulpa.



Fuente: Planos Weir Vulco

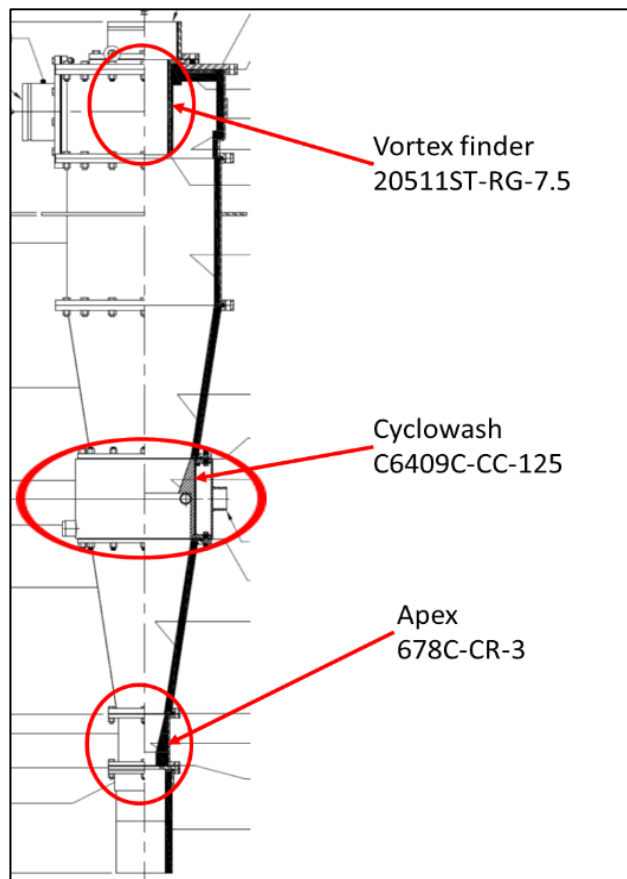
Diagrama 2-2 Reciclón.

2.3.4. Hidrociclón Krebs.

La batería opera con 10 equipos.

Como se describió en el título 2.1. es hidrociclón es un separador de partículas, el Krebs es de una etapa, sus ventajas son:

- Menor tiempo de intervención.
- Mayor acceso a sus componentes a revisión como lo sugiere el fabricante.
- Mayor capacidad de procesar pulpa.
- Fácil configuración para obtención de finos y gruesos (relación Vortex/Apex).



Fuente: Planos Krebs FLSmidth

Diagrama 2-3 Hidrociclón DS20LB.

Dentro de los datos operacionales de la capacidad de procesar el flujo total de pulpa (arena/lama y/o grueso/fino) es:

- Hidrociclón Krebs tiene una capacidad de procesar un caudal volumétrico de $330 \frac{m^3}{h}$.
- Reciclón weir Vulvo tiene una capacidad de procesar un caudal volumétrico de $280 \frac{m^3}{h}$.

2.4. **CONDICIONES DE PLAN ACTUAL DE MANTENIMIENTO.**

En la actualidad se realiza una inspección por plan matriz asociada a Tag de equipo que realiza orden de trabajo por medio de SAP (SAP ERP es un software de planificación de recursos empresariales).

Esta Orden de trabajo viene asociada una pauta de inspección la cual al realizarla se realiza el siguiente procedimiento:

 LOS PELAMBRES ANTOFAGASTA MINERALS	PAUTA INSPECCIÓN TM3015
	ESTADO (CONDICIÓN DE OPERACIÓN DEL EQUIPO) ☒ EQUIPO DETENIDO ☐ EQUIPO OPERANDO

INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD PARA BLOQUEO DE EQUIPO:

1. Aplicar procedimiento para inspección/mantenimiento con bloqueo de equipo, (equipo detenido).
2. Uso de equipo de seguridad personal obligatorio:
Casco, Lentes, Guantes, Zapatos Seguridad, Protectores Auditivos, Refractantes, Protector Respiratorio, Cinturón (en caso de trabajo en altura).
3. Aspectos críticos de seguridad, calidad y medio ambiente
4. Decreto Nro. 40, Título VI, Artículo 21 de la Ley 16.744
" DERECHO A SABER "

INSTRUCCIONES GENERALES DE SEGURIDAD:

ESTA OT DEBE SER ENTREGADA POR EL SUPERVISOR DE LA EMPRESA QUE VA A REALIZAR EL TRABAJO, JUNTO CON LAS INSTRUCCIONES DEL TRABAJO, AL TRABAJADOR

1. CUMPLIR PROCEDIMIENTO DE AUTORIZACION DE INGRESO AL AREA
2. USAR CORRECTAMENTE LA ROPA Y ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL INDICADOS PARA EL AREA
3. MANTENER DISTANCIAS CON EQUIPO EN FUNCIONAMIENTO QUE LES ASEGUREN NO SUFRIR ATRAPAMIENTO, GOLPES, PROYECCION DE PARTICULAS, VAPORES, GASES U OTRO AGENTE QUE PUEDA OCASIONAR ACCIDENTE O DAÑO A LA SALUD.
4. NO INGRESAR AL AREA CON ROPAS O PELO LARGO SUELTO
5. PRESTAR ATENCION AL ESTADO DE PISOS DURANTE SU DESPLAZAMIENTO
6. NO TRANSITAR EN TRAYECTOS DE CARGAS SUPENDIDAS TALES COMO PUENTES GRUAS U OTROS

MEDIDAS DE CONTROL DE PELIGROS AREA MECANICOS Y ELECTRICOS:

EVALUACION:

1. Evaluar las condiciones físicas, emocionales y mentales de los trabajadores que participaran en la actividad.
2. Evaluar las condiciones del entorno, equipos y herramientas para la actividad.

CONTROLES:

1. Controlar los peligro psicosociales que representan un riesgo a la ocupación (monotonía, cansancio, comportamiento o motivación inadecuada y sobrecarga de trabajo).
2. Controlar la buena utilización de los mecanismos operacionales, tales como: procedimientos, instructivos, HCR, PTAC.
3. Controlar los eventos peligrosos como (caídas, golpes, atrapamiento, choque, etc.).

OPERAR:

Operar en forma consciente de los riesgos y cambios que afectan al estado propio como de mis compañeros.

Operar consciente de los riesgos controlado de mi entorno.

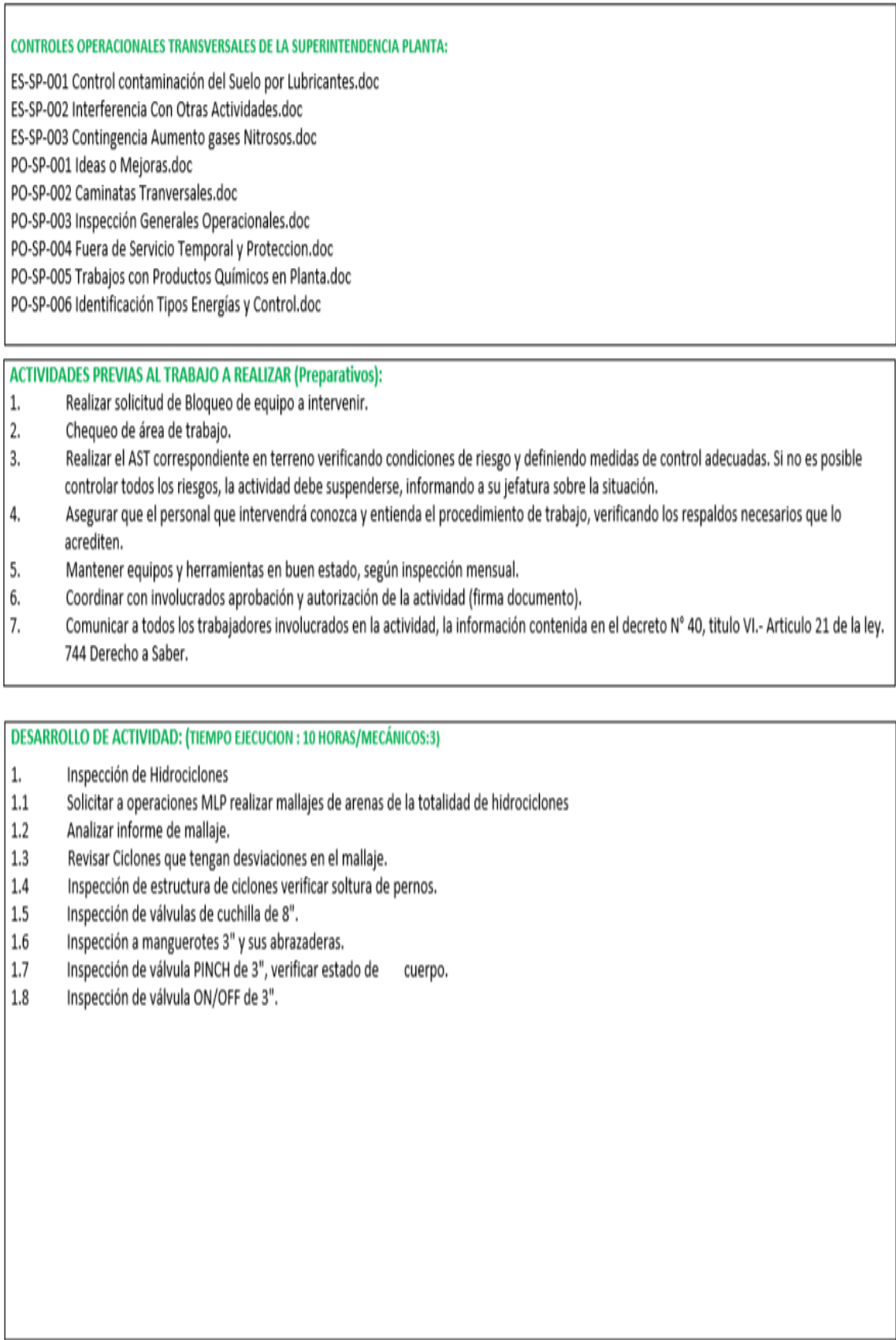
ACTITUD SEGURA VALORADA EN MIET:

1. Asumir la es seguridad propia y de los demás como una responsabilidad personal.
2. Evaluar todos los riesgos y peligros antes de iniciar cualquier trabajo.
3. Pedir ayuda cuando sea necesario.
4. Aceptar ideas y sugerencias de los demás.
5. Trabajar en Equipo para contribuir al logro de nuestros objetivos.
6. Mantener el área limpia y ordenada, como también las herramientas y elementos que estén bajo su cuidado.
7. Respetar estrictamente procedimientos, estándares e instrucciones de calidad y riesgos, así como las señalizaciones y las advertencias de peligros.
8. Mantener su equipo de protección personal en buenas condiciones; cuidándolos y usándolos para su seguridad.
9. Use Htas. adecuadas para cada trabajo en particular. De esta manera las herramientas duran más, el trabajo es mejor y se evitan accidentes.
- 10.En caso de dudas sobre la forma correcta de ejecutar una tarea, consulte a su supervisor o a alguien que tenga conocimiento, experiencia o dominio en dicho trabajo.
- 11.Si encuentra una forma mejor que la habitual para hacer algún trabajo, analicela con supervisor. Así ayudará a mejorar los procedimientos de trabajo.
- 12.Informe inmediatamente a su Supervisor sobre cualquier incidente que presencie, ya sea que haya provocado lesiones, daños materiales o contaminación al medio ambiente.
- 13.Informe a su supervisor cualquier condición o acto que pueda causar lesiones a sus compañeros o daños a los equipos.
- 14.Participe en cualquier programa de entrenamiento o curso que le sea posible. Le ayudará a ser un mejor trabajador.
- 15.Apoye con entusiasmo cualquier iniciativa que ayude a mejorar la seguridad y el medio ambiente de su empresa.

Pag.1/2

Fuente: SAP minera los Pelambres

Figura 2-3 MAF de inspección.



Fuente: SAP minera los Pelambres

Figura 2-4 MAF de inspección.

Bajo el corchete rojo en la figura 2-4, son los pasos para desarrollar la inspección a la batería de hidrociclones, el cual comienza con solicitar al operador en terreno el mallaje que se explica posteriormente.

- Se analiza el informe de mallaje (porcentaje de clasificación de finos). (tabla 2-1).

Tabla 2-1 Control -200# (húmedo) por ciclón.

FLUJO BATERIA		3349,2 m3/h	Fecha: 07-10-2019 LOS PELAMBRES ANTOFAGASTA MINERALS				Reciclón  Hidrociclón  F. Servicio Por montaje	
SOLIDO ALIMENTACION:		44,50%						
AGUA CYCLOWASH :		284,4 m3/h						
DILUCION ST 036 :		662,4 m3/h						
PSI BATERIA :		15,0 psi						
PSI ANILLO CYCLOWASH		32,5 psi						
P80:		214	Ducto STR-36" operando					
CICLONES OPERANDO		10	Dilucion ST-035 HV-559 25%					
CICLONES	% Solido Inicial	Densidad inicial	% solido final	Densidad Final	% -Malla 200	APEX	VORTEX	Cilindro ciclowash
A	45,0	1,383	41,0	1,337	11,9	60mm	170 mm	
B	39,0	1,316	35,5	1,280	11,5	60mm	170 mm	
C	50,0	1,444	45,5	1,389	12,5	3"	7,5"	Ceramico 10"
D	46,0	1,395	42,0	1,349	11,7	3"	7,5"	Ceramico 10"
E	42,5	1,354	38,0	1,305	13,8	3"	7,5"	Ceramico 10"
F	51,0	1,457	47,0	1,407	11,0	3"	7,5"	Ceramico 10"
G	42,0	1,349	38,5	1,310	10,9	3"	7,5"	Ceramico 10"
h	52,0	1,471	47,5	1,413	12,2	3"	7,5"	Goma 5"
I		F/S		F/S	NO VALIDO			
J	53,0	1,484	48,0	1,419	13,4	70 mm	170 mm	
K	46,0	1,395	41,5	1,343	13,1	70 mm	170 mm	
L	47,0	1,407	42,0	1,349	14,3	70mm	170 mm	
M	43,0	1,360	39,0	1,316	12,2	70mm		
N		F/S		F/S	NO VALIDO			
O	45,0	1,383	40,0	1,327	14,7	3"	7,5"	Ceramico 10"
P	46,5	1,401	42,0	1,349	13,1	3"	7,5"	Goma 5"
Q	42,0	1,349	38,0	1,305	12,4	3"	7,5"	Ceramico 10"
R	46,5	1,401	42,5	1,354	11,6	3"	7,5"	Ceramico 10"
S								
T	43,0	1,360	39,5	1,321	10,8	3"	7,5"	Ceramico 10"
U	43,5	1,366	39,0	1,316	13,6	60 mm	170mm	
V	46,0	1,395	41,5	1,343	13,1	60mm	170 mm	
PROMEDIO					12,5			

Fuente: Elaboración por personal operador mantenedor tranque El Mauro.

- Según los resultados entregados por el control-200# (mallaje):
- Se decide qué equipo a inspeccionar una vez ejecutada la inspección.
- Se agrega la información a SAP.

- Rango de operación de finos es entre 12% al 15.5% (si sobrepasa el 15,5% es indicador que puede haber desgaste en los componentes del hidrociclón).
- Al encontrar condiciones de desgaste de crea un aviso subsecuente en SAP para programar en programas futuros el cambio del componente con defecto.
- A los avisos se agregan listado de recursos solicitados por planificación.

Tabla 2-2 Listado código SAP.

Componente	Codigos
Adaptador Entrada Ciclón 8"	11022654
Cuello Adaptador Overflow 10"	11022655
Revestimiento Tapa caracol	11010374
Caracol (acero)	11010375
Revestimiento Caracol	11022656
Vortex 6,75"	11011937
Cilindro superior	11010376
Revestimiento Cilindro superior	11022662
Cono Superior (acero)	11010377
Revestimiento Cono Suérior	11022664
Cono truncado 5"	11011938
Cilindro Cyclowash	11018178
Revestimienti Cilindro Cyclowash	11011939
Cono Inferior	11012362
Revestimiento Cono Inferior	11022653
Empaquetadura	11009826
Apex 3,5"	11022666
Apex 3"	11011921
Porta Apex (acero)	11012359
Anillo Espaciador	11012358
Retenedor Apex(platina matalica)	11012360
Faldon (goma)	11022668
Plato Reten Faldon(acero)	11010378
Perno Exagonal 1/2 x 1/2 UNC	22003211
Esparrago Inoxidable 5/8 x unc 3 3/4	22004029
Tuerca 1/2 UNC	22003211
Codo 90° - 10" Overflow CORTO	11010379
Anillo Apex 3"	11009828
Vortex 7,5	11022659
Tuerca exagonal 5/8" inox	22003769
CODO LARGO	11010385

Fuente: Elaboración por personal departamento de mantenimiento MLP.

2.5. FRECUENCIA DE CAMBIO DE COMPONENTES

Se desarrolla un seguimiento en SAP desde enero 2019 hasta junio 2019 de los componentes más cambiados en la batería de hidrociclones.

Tabla 2-3 Cambio de componentes por mes 1er semestre 2019.

ENERO 2019					
OT	AVISO	FECHA	COMPONENTE	CICLON-REC.	UNIDAD
1187175	697954	06-01-2019	MANGUEROTE	E	1
1043359	542813	13-01-2019	PINCH 3"	S	1
1043360	542824	13-01-2019	PINCH 3"	T	1
1179970	691323	25-01-2019	VV CUCHILLO 8"	J	1
1210252	720557	26-01-2019	MANGUEROTE	U	1
1210148	722530	27-01-2019	CODO 90°	P	1
1210149	722529	27-01-2019	CONO TRUNCADO	H	1
FEBRERO 2019					
OT	AVISO	FECHA	COMPONENTE	CICLON-REC.	UNIDAD
1200823	710637	09-02-2019	VORTEX PRIMARIO	U	1
1239230	752311	20-02-2019	CONO TRUNCADO	U	1
1043348	542790	26-02-2019	VV CUCHILLO 3"	F	1
1043348	542790	26-02-2019	PINCH 3"	F	1
1043350	542793	26-02-2019	VV CUCHILLO 3"	H	1
1043350	542793	27-02-2019	PINCH 3"	H	1
1208710	721081	28-02-2019	VV CUCHILLO 3"	J	1
1215240	727270	28-02-2019	VV CUCHILLO 3"	K	1
MARZO 2019					
OT	AVISO	FECHA	COMPONENTE	CICLON-REC.	UNIDAD
1255944	768914	04-03-2019	MANGUEROTE	O	1
1255941	770593	05-03-2019	MANGUEROTE	H	1
1261479	776672	08-03-2019	VV CUCHILLO 3"	F	1
1266917	782114	13-03-2019	MANGUEROTE	T	1
1266292	781961	14-03-2019	VORTEX PRIMARIO	R	1
1266292	781961	15-03-2019	CODO 90°	R	1
1276619	792229	23-03-2019	MANGUEROTE	J	1
1276641	792312	23-03-2019	MANGUEROTE	C	1
ABRIL 2019					
OT	AVISO	FECHA	COMPONENTE	CICLON-REC.	UNIDAD
1270300	781283	03-04-2019	MANGUEROTE	S	1
1270332	782955	05-04-2019	CODO 90°	H	1
1304644	822185	13-04-2019	MANGUEROTE	J	1
1283641	792155	14-04-2019	VORTEX	H	1
1283641	792155	15-04-2019	CUELLO CISNE	H	1
1283652	797063	14-04-2019	VORTEX	F	1
1043351	542804	16-04-2019	VV CUCHILLO 3"	J	1
1043351	542804	17-04-2019	PINCH 3"	J	1
1043352	542805	16-04-2019	VV CUCHILLO 3"	K	1
1043352	542805	17-04-2019	PINCH 3"	K	1
1043354	542807	17-04-2019	VV CUCHILLO 3"	M	1
1043354	542807	18-04-2019	PINCH 3"	M	1
1179797	685808	17-04-2019	VORTEX	J	1
1270321	781373	23-04-2019	VORTEX	P	1
MAYO 2019					
OT	AVISO	FECHA	COMPONENTE	CICLON-REC.	UNIDAD
1341946	861338	13-05-2019	MANGUEROTE	L	1
1344983	863542	14-05-2019	APEX	L	1
1130891	637254	18-05-2019	COMPONENTE CERAMICO	P	1
1323792	836935	19-05-2019	ADAPTADOR OVERFLOWD	Q	1
1323792	836935	19-05-2019	ADAPTADOR OVERFLOWD	F	1
1323792	836935	19-05-2019	REVESTIMIENTO TAPA CARACOL	H	1
1334367	845449	22-05-2019	VORTEX	G	1
1043353	542806	24-05-2019	VV CUCHILLO 3"	L	1
1043353	542806	24-05-2019	PINCH 3"	L	1
JUNIO 2019					
OT	AVISO	FECHA	COMPONENTE	CICLON-REC.	UNIDAD
1179789	683996	03-06-2019	VV CUCHILLO 3"	A	1
1381721	902574	12-06-2019	APEX	K	1
1381806	902696	12-06-2019	APEX	U	1
1353289	866307	13-06-2019	CODO 90°	R	1
1323797	837151	20-06-2019	CODO 90°	P	1
1323797	837151	20-06-2019	VORTEX	P	1
1323841	837164	20-06-2019	VORTEX	E	1
1323841	837164	20-06-2019	CONO TRUNCADO	E	1
1362374	882295	22-06-2019	CONO TRUNCADO	H	1
1398592	919752	22-06-2019	APEX	V	1
1362224	880499	29-06-2019	VV CUCHILLO 3"	L	1

Fuente: Elaboración propia basado en recopilación de órdenes de trabajos.

Tabla 2-4 Cantidad por componentes cambiados.

OT	AVISO	FECHA	COMPONENTE	CICLON RECICL ON	UNI DA D
1323792	836935	19-05-2019	ADAPTADOR OVERFLOWD	Q	1
1323792	836935	19-05-2019	ADAPTADOR OVERFLOWD	F	1
				Total	2
OT	AVISO	FECHA	COMPONENTE	CICLON RECICL ON	UNI DA D
1344983	863542	14-05-2019	APEX	L	1
1381721	902574	12-06-2019	APEX	K	1
1381806	902696	12-06-2019	APEX	U	1
1398592	919752	22-06-2019	APEX	V	1
				Total	4
OT	AVISO	FECHA	COMPONENTE	CICLON RECICL ON	UNI DA D
1210148	722530	27-01-2019	CODO 90°	P	1
1266292	781961	15-03-2019	CODO 90°	R	1
1270332	782955	05-04-2019	CODO 90°	H	1
1353289	866307	13-06-2019	CODO 90°	R	1
1323797	837151	20-06-2019	CODO 90°	P	1
OT	AVISO	FECHA	COMPONENTE	CICLON RECICL ON	UNI DA D
1130891	637254	18-05-2019	COMPONENTE CERAMICO	P	1
				Total	1
OT	AVISO	FECHA	COMPONENTE	CICLON RECICL ON	UNI DA D
1210149	722529	27-01-2019	CONO;KREBS;C4229STR G5	H	1
1239230	752311	20-02-2019	CONO;KREBS;C4229STR G5	P	1
1323841	837164	20-06-2019	CONO;KREBS;C4229STR G5	E	1
1362374	882295	22-06-2019	CONO;KREBS;C4229STR G5	H	1
				Total	4

Fuente: Elaboración propia basado en al tipo de componente más común.

Tabla 2-5 Cantidad por componentes cambiados. (Continuación)

OT	AVISO	FECHA	COMPONENTE	CICLON RECICL ON	UNI DA D
1283641	792155	15-04-2019	CUELLO CISNE	H	1
				Total	1
OT	AVISO	FECHA	COMPONENTE	CICLON RECICL ON	UNI DA D
1187175	697954	06-01-2019	MANGUEROTE	E	1
1210252	720557	26-01-2019	MANGUEROTE	U	1
1255944	768914	04-03-2019	MANGUEROTE	O	1
1255941	770593	05-03-2019	MANGUEROTE	H	1
1266917	782114	13-03-2019	MANGUEROTE	T	1
1276619	792229	23-03-2019	MANGUEROTE	J	1
1276641	792312	23-03-2019	MANGUEROTE	C	1
1270300	781283	03-04-2019	MANGUEROTE	S	1
1304644	822185	13-04-2019	MANGUEROTE	J	1
1341946	861338	13-05-2019	MANGUEROTE	L	1
				Total	10
OT	AVISO	FECHA	COMPONENTE	CICLON RECICL ON	UNI DA D
1043359	542813	13-01-2019	PINCH 3"	S	1
1043360	542824	13-01-2019	PINCH 3"	T	1
1043348	542790	26-02-2019	PINCH 3"	F	1
1043350	542793	27-02-2019	PINCH 3"	H	1
1043351	542804	17-04-2019	PINCH 3"	J	1
1043352	542805	17-04-2019	PINCH 3"	K	1
1043354	542807	18-04-2019	PINCH 3"	M	1
1043353	542806	24-05-2019	PINCH 3"	L	1
				Total	8
OT	AVISO	FECHA	COMPONENTE	CICLON RECICL ON	UNI DA D
1323792	836935	19-05-2019	REVESTIMIENTO TAPA CARACOL	H	1
				Total	1
OT	AVISO	FECHA	COMPONENTE	CICLON RECICL ON	UNI DA D
1283641	792155	14-04-2019	VORTEX 7,5	H	1
1283652	797063	14-04-2019	VORTEX 7,5	F	1
1270321	781373	23-04-2019	VORTEX 7,5	P	1
1334367	845449	22-05-2019	VORTEX 7,5	G	1
1323797	837151	20-06-2019	VORTEX 7,5	P	1
1323841	837164	20-06-2019	VORTEX 7,5	E	1
1266292	781961	14-03-2019	VORTEX	R	1
				Total	7

Fuente: Elaboración propia basado en componentes más frecuentes al cambio.

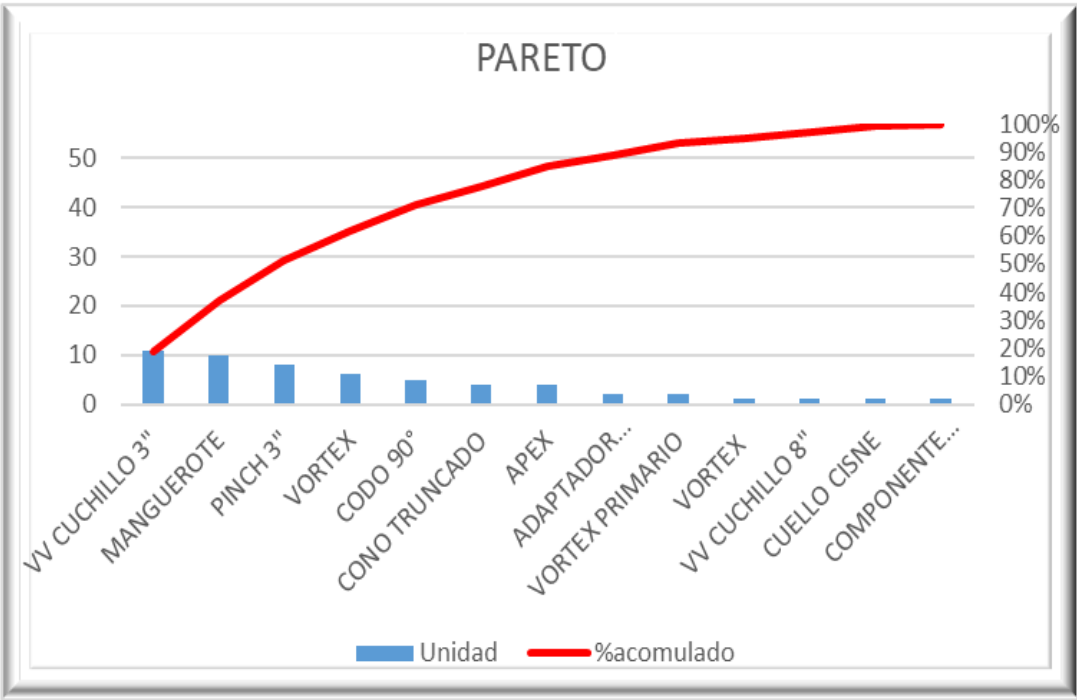
Tabla 2-6 Cantidad por componentes cambiados. (Continuación)

OT	AVISO	FECHA	COMPONENTE	CICLON RECICL ON	UNI DA D
1200823	710637	09-02-2019	VORTEX VULCO	U	1
1179797	685808	17-04-2019	VORTEX VULCO	J	1
				Total	2
OT	AVISO	FECHA	COMPONENTE	CICLON RECICL ON	UNI DA D
1043348	542790	26-02-2019	VV CUCHILLO 3"	F	1
1043350	542793	26-02-2019	VV CUCHILLO 3"	H	1
1208710	721081	28-02-2019	VV CUCHILLO 3"	J	1
1215240	727270	28-02-2019	VV CUCHILLO 3"	K	1
1261479	776672	08-03-2019	VV CUCHILLO 3"	F	1
1043351	542804	16-04-2019	VV CUCHILLO 3"	J	1
1043352	542805	16-04-2019	VV CUCHILLO 3"	K	1
1043354	542807	17-04-2019	VV CUCHILLO 3"	M	1
1043353	542806	24-05-2019	VV CUCHILLO 3"	L	1
1179789	683996	03-06-2019	VV CUCHILLO 3"	A	1
1362224	880499	29-06-2019	VV CUCHILLO 3"	L	1
				Total	11
OT	AVISO	FECHA	COMPONENTE	CICLON RECICL ON	UNI DA D
1206470	691323	25-01-2019	VV CUCHILLO 8"	J	1
				Total	1

Fuente: Elaboración propia basado en componentes más frecuentes al cambio.

2.6. ANALISIS DE DATOS RECOPIRADOS

Con los datos obtenidos anteriormente se puede generar un diagrama de Pareto para representar gráficamente los componentes que con más frecuencia se realiza intervenciones a los equipos.



Fuente: Elaboración propia basado en grafico de Pareto frecuencia de cambio.

Gráfico 2-1 Pareto

Se puede observar que los componentes con, más frecuencia de cambio son:

- Las válvulas de cuchillo 3'' que son las de corte de accionamiento manual.
- Posteriormente manguerote de alimentación de agua a cyclowash.
- Pinch 3'' que regula el flujo de agua que entra al sistema de clasificación.

El sistema de inyección de agua es el que más intervenciones a producido en el último semestre en la batería de hidrociclones.

Posteriormente el conjunto que más presenta intervenciones es la descarga del OVERFLOW parte superior de hidrociclón.

- Vortex.
- Codo 90°

2.7. ANÁLISIS DE CRITICIDAD

Se realiza en conjunto con personal de operaciones análisis de criticidad basado en el riesgo, según Tabla 2-3. De frecuencia de cambio realizada durante el 1er semestre del 2019 entre enero y junio de ese año.

Tabla 2-7 Hidrociclón con más intervenciones en primer semestre

Suma de UNIDAD																			
Etiquetas de fila	A	C	E	F	G	H	J	K	L	M	O	P	Q	R	S	T	U	V	Total general
VV CUCHILLO 3"	1			2		1	2	2	2	1									11
MANGUEROTE		1	1			1	2		1		1				1	1	1		10
PINCH 3"				1		1	1	1	1	1					1	1			8
VORTEX			1	1		1	1					2							6
CODO 90°			1			1						2		1					5
CONO TRUNCADO			1			2											1		4
APEX								1	1								1	1	4
ADAPTADOR OVERFLOWD				1									1						2
VORTEX PRIMARIO														1			1		2
VORTEX					1														1
VV CUCHILLO 8"							1												1
CUELLO CISNE						1													1
COMPONENTE CERAMICO												1							1
REVESTIMIENTO TAPA CARACOL						1													1
Total general	1	1	4	5	1	9	7	4	5	2	1	5	1	2	2	2	4	1	57

Fuente: Elaboración propia basado en frecuencia de cambio.

La tabla 2-7. se genera con los datos anteriores y muestra que el hidrociclón H es el que más intervenciones se han realizado dentro del 1er semestre del año 2019 con 9 intervenciones.

Para realizar el modelo de criticidad basado en el riesgo, considerando un escenario operación con un P80 menor a 180pp:

Tabla 2-8 Análisis RMC

Riesgo (Criticidad)= Frecuencia de Fallas x Consecuencia de Fallas			
Consecuencia= {(Impacto Operacional x Flexibilidad Operacional) + Costo de Mantenimiento + Impacto SAH}			
FRECUENCIA DE FALLAS		COSTO DE MANTENIMIENTO	
Mayor a 35 fallas/año	6	Mayor o igual a \$8.000.001	10
Entre 20 y 35 fallas/año	4	Entre \$3.000.001 y \$8.000.000	6
Entre 10 y 20 fallas/año	2	Menor o igual a \$3.000.000	1
Menos de 10 fallas/año	1		
IMPACTO OPERACIONAL		IMPACTO SAH	
Parada inmediata de toda la producción.	10	Alto Impacto en la seguridad humana/ambiente.	10
Disminuye la producción en un 50%	6	Afecta las instalaciones causando severos daños.	7
Disminuye la producción en un 25%	3	Provoca daños menores (accidentes e incidentes), impacto ambiental bajo.	4
No genera ningún efecto sobre la operación y producción.	1	Provoca molestias mínimas en las instalaciones y ambiente	1
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL			
La reparación dura más de 12 horas.	6		
La reparación dura entre 4 a 12 horas.	3		
La reparación dura hasta 4 horas.	1		

Fuente: Apuntes RMC, U.T.F.S.M.

Donde según condiciones operacionales:

Tabla 2-9 Impacto de mantenimiento.

Frecuencia de falla	2
Impacto operacional	6
Flexibilidad operacional	3
Costo del mantenimiento	6
Impacto SAH	1

Fuente: Apuntes RMC, U.T.F.S.M.

La frecuencia de falla es de 9 intervenciones en 6 meses se duplica para poder ocupar la tabla que es a un año considerando 18 intervenciones.

Entonces:

- Consecuencia: $(6 \times 3) + 6 + 1 = 25$
- Riesgo(criticidad): $2 \times 25 = 50$

Con los resultados se analiza la tabla de criticidad que es la siguiente:

Tabla 2-10 análisis de consecuencias.

Equipo	Hidrociclón krebs
Frecuencia de falla	4
Impacto operacional	6
Flexibilidad operacional	3
Costo de mantenimiento	6
Impacto sha	1
Total	50

Fuente: Apuntes RMC, U.T.F.S.M.

Tabla 2-11 Criticidad de equipos

Frecuencia	6					
	4					
	2					
	1					
		0 a 10	11 a 20	21 a 30	31 a 40	41 a 50
Concecuencia						

Fuente: Apuntes RMC, U.T.F.S.M.

Tabla 2-12 Simbología

NO critico	(NC)
Semi criticio	(SC)
Critico	(C)

Fuente: Apuntes RMC, U.T.F.S.M.

La detención de un equipo por falla, es crítico en el peor contexto operacional, esto es variable dependiendo de la cantidad y calidad del solido que proviene de la planta concentradora envía hacia el tranque de relaves y según esto es la cantidad de hidrociclones que se mantiene operando para la clasificación de los relaves.

Con este análisis se logra realizar el tipo de acciones a seguir para poder mejorar las intervenciones en la batería para poder disminuir intervenciones y ser más preventivo en el mantenimiento. El siguiente paso es identificar los equipos en el sistema de control PI process book.

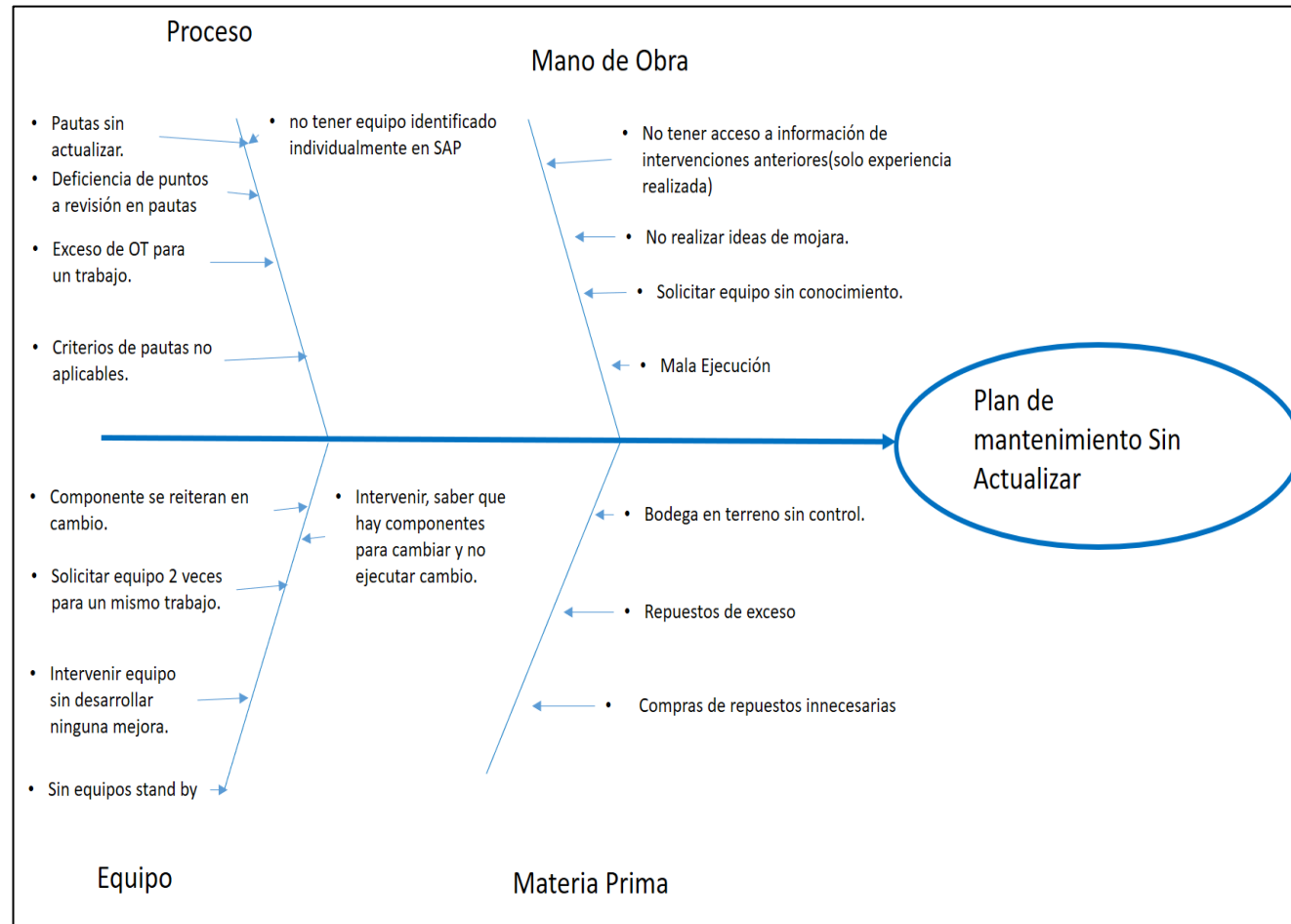
CAPÍTULO 3: PRESENTACIÓN DE ESTRATEGIA Y COSTOS.

3. **PRESENTACIÓN DE ESTRATEGIA Y COSTOS.**

Recopilados datos y usando herramientas de mantenimiento se desarrollará la estrategia a seguir y mejorar las pautas de inspección/mantenimiento de hidrociclones.

3.1. **ANÁLISIS CAUSA Y EFECTO.**

Después de analizar los resultados anteriores de la actualidad del mantenimiento de se ejecuta en la batería de hidrociclones y visualizándose a futuro con el cambio de formato de la actual batería se desarrolla una lluvia de idea ejecutando un diagrama de causa efecto el cual se analiza los siguientes síntomas de la situación actual.



Fuente: elaboracion propia lluvia de ideas, diagrama causa y efecto.

Diagrama 3-1 Causa y efecto.

Con los cual se determina las siguientes acciones para elaborar la propuesta futura al plan de mantenimiento actual.

3.2. ACTUALIZACION DE PAUTA DE MANTENIMIENTO

Como un nuevo MAF de mantenimiento de SAP, se cambia pauta actual de manteamiento (figura 2.4), esta mejora comienza con el ordenamiento y creación de gestión de inventario de contenedor de repuestos ubicados en el área de la estación ciclones (un nivel superior de a la batería), donde se almacena un stock no controlado de repuestos e insumos.

Con los que se debe desarrollar un plan de inventario junto al código SAP (Tabla 2-2. Listado código SAP pag.36).



Fuente: Elaboración propia basado en mantenimiento.

Figura 3-1 Contenedor de repuestos en terreno.



Fuente: Elaboración propia basado en mantenimiento en terreno.

Figura 3-2 Contenedor de repuestos en terreno.

Se define según lo comentado anteriormente por la tabla 2.4 de códigos de repuestos, el listado de repuestos que se debe almacenar en el contenedor dando la cantidad de stock por componente guiándose por lo desarrollado anteriormente en la frecuencia de falla (Tabla 2-4. Cambio de componentes por mes 1er semestre 2019). Con el propósito de controlar los repuestos en terreno integrando como una actividad de la pauta de inspección el control de almacenaje.



Fuente: Elaboración propia basado en mantenimiento.

Figura 3-3 Lay out contenedor repuesto en terreno.

3.3. PLANILLA DE CONTROL DE INVENTARIO EN TERRENO

Para el control de inventario de terreno se genera panilla:

Tabla 3-1 Listado de repuestos en terreno.

INVENTARIO DE REPUESTOS						
Codigos SAP	Componente	Ubicación	existencias iniciales	Entradas	Salidas	stock
11022654	Adaptador Entrada Ciclón 8"		20	10	5	25
11022655	Cuello Adaptador Overflow 10"		10	0	10	0
11010374	Revestimiento Tapa caracol			0	0	0
11010375	Caracol (acero)			0	0	0
11022656	Revestimiento Caracol			0	0	0
11011937	Vortex 6,75"			0	0	0
11010376	Cilindro superior			0	0	0
11022662	Revestimiento Cilindro superior			0	0	0
11010377	Cono Superior (acero)			0	0	0
11022664	Revestimiento Cono Superior			0	0	0
11011938	Cono truncado 5"			0	0	0
11018178	Cilindro Cyclowash			0	0	0
11011939	Revestimienti Cilindro Cyclowash			0	0	0
11012362	Cono Inferior			0	0	0
11022653	Revestimiento Cono Inferior			0	0	0
11009826	Empaquetadura			0	0	0
11022666	Apex 3,5"			0	0	0
11011921	Apex 3"			0	0	0
11012359	Porta Apex (acero)			0	0	0
11012358	Anillo Espaciador			0	0	0
11012360	Retenedor Apex(platina matalica)			0	0	0
11022668	Faldon (goma)			0	0	0
11010378	Plato Reten Faldon(acero)			0	0	0
22003211	Perno Exagonal 1/2 x 1/2 UNC			0	0	0
22004029	Esparrago Inoxidable 5/8 x unc 3 3/4			0	0	0
22003211	Tuerca 1/2 UNC			0	0	0
11010379	Codo 90° - 10" Overflow CORTO			0	0	0
11009828	Anillo Apex 3"			0	0	0
11022659	Vortex 7,5			0	0	0
22003769	Tuerca exagonal 5/8" inox			0	0	0
11010385	CODO LARGO			0	0	0

Fuente: Elaboración propia basado en mantenimiento

Planilla principal de control la cual se actualiza al realizar movimientos en la planilla de entrada y salida que se adjunta posteriormente.

Tabla 3-2 Entradas de repuestos a bodega de terreno.

ENTRADAS				
Reserva SAP ▼	Fecha ▼	Codigo SAP ▼	Componente ▼	Cantidad ▼
1841182	30-11-2019	11022654	Adaptador Entrada Ciclón 8"	10

Fuente: Elaboración propia basado en mantenimiento

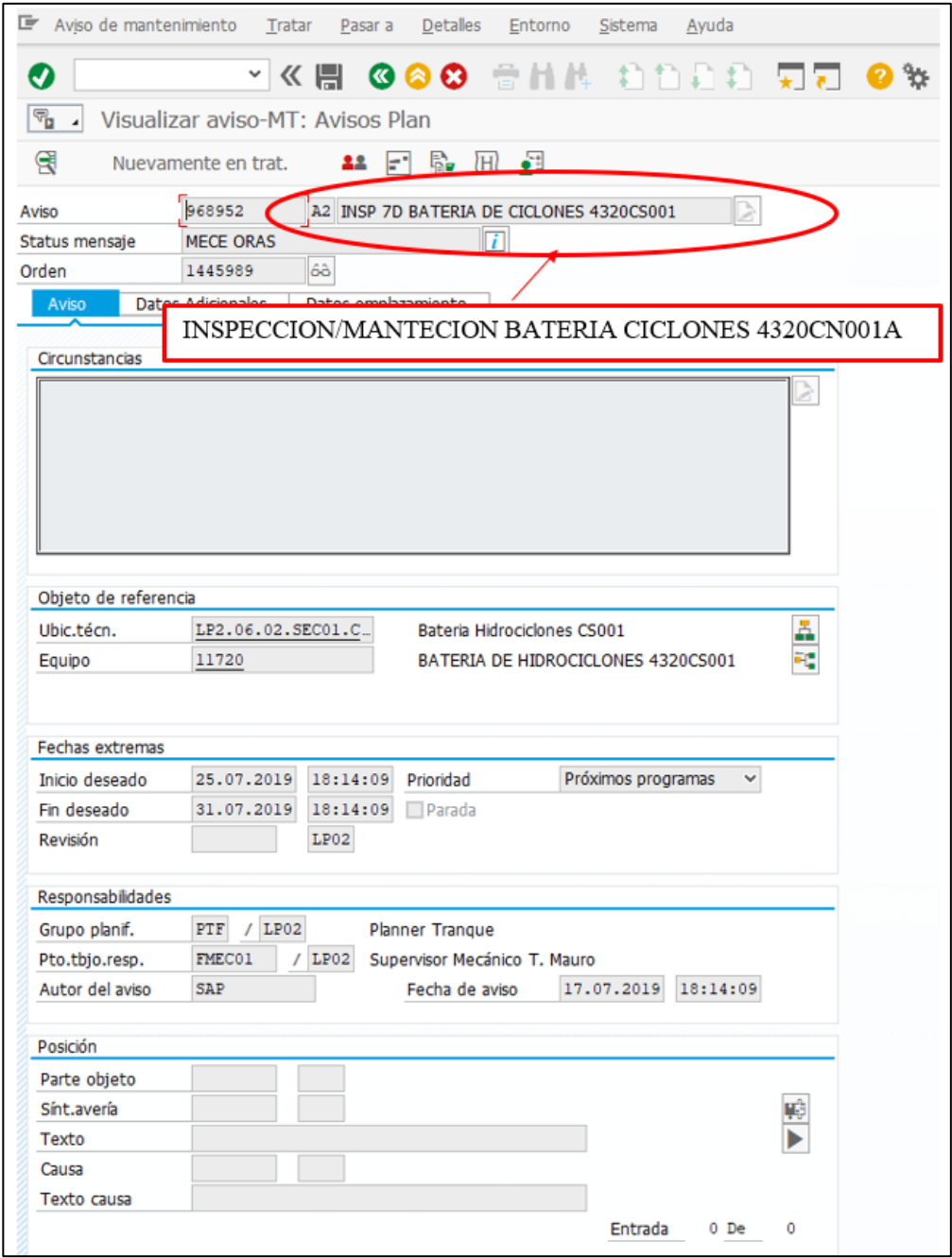
Tabla 3-3 Salida de repuestos a bodega de terreno.

SALIDAS				
OT ▼	Fecha ▼	Codigo SAP ▼	componente ▼	cantidad ▼
1584942	30-11-2019	11022654	Adaptador Entrada Ciclón 8"	5
		11022655	Cuello Adaptador Overflow 10"	10

Fuente: Elaboración propia basado en mantenimiento

Esto es lo que debe actualizar dentro de los puntos del MAF o pauta de inspección.

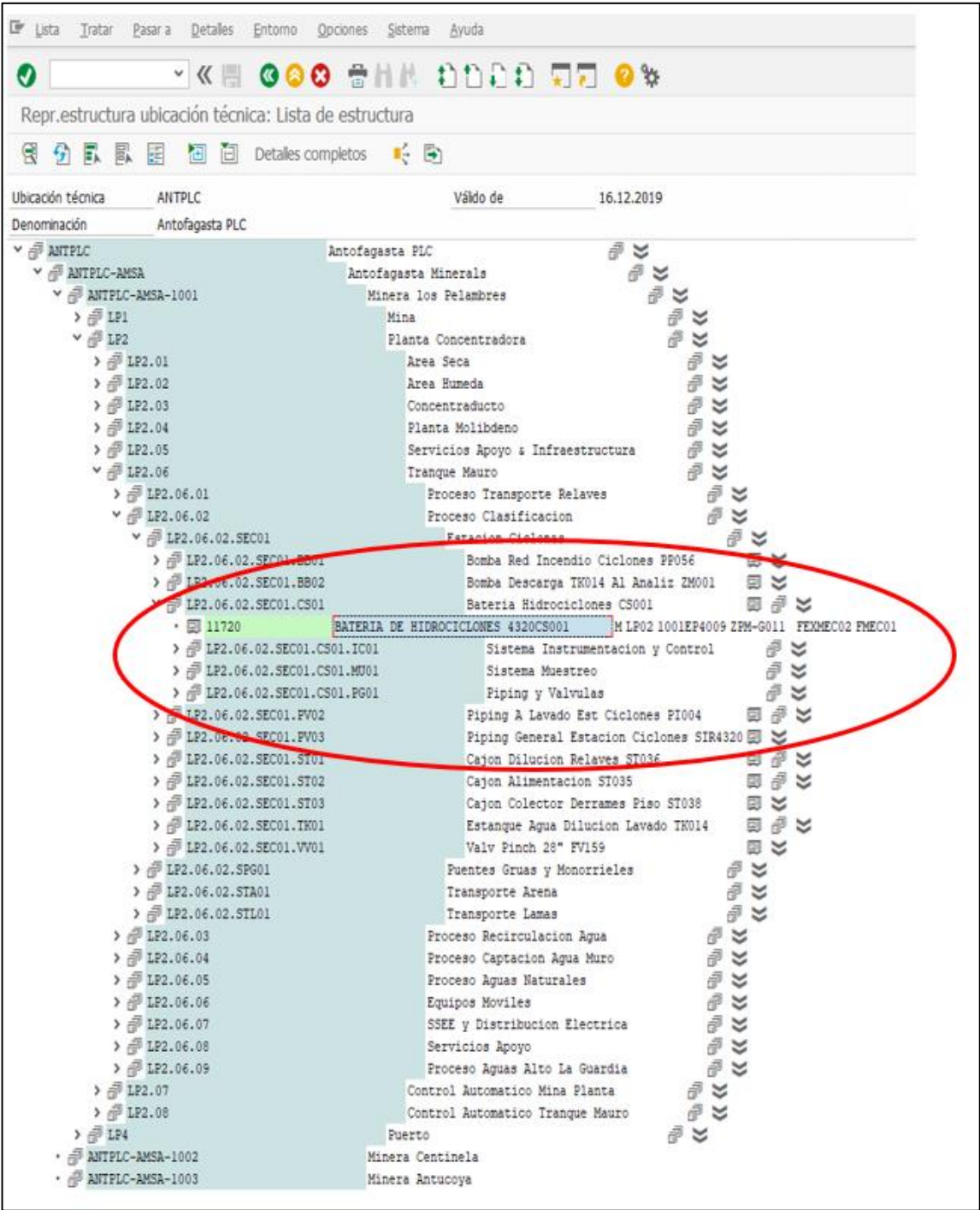
Las intervenciones a futuro deben ser nombradas en las descripciones de órdenes de trabajo como inspección/mantenición, como se indicará en la siguiente imagen.



Fuente: sistema de gestion SAP

Figura 3-4 Seguimiento de orden de trabajo actual.

Teniendo en cuenta datos estudiados el siguiente paso para mejorar el plan de mantenimiento a la batería de hidrociclones es también agregar individualmente los hidrociclones como se muestra en la siguiente imagen extraída de programa SAP se muestra que solo existe un tag general para todos los hidrociclones el cual no se puede seguir un orden secuencial en el tiempo de intervenciones del equipo y obtener información separada de cada equipo.



Fuente: sistema de gestion SAP

Figura 3-5 Seguimiento de orden de trabajo actual.

Para crear los equipó en SAP individualmente se debe realizar un procedimiento y llenar la siguiente planilla.

Tabla 3-4 Planilla MLP de solicitud de agregar equipos a sistema SAP.

Descripción del Equipo	TAG Equipo	Sistema	Item Mantenible (Componente)	N° Plan SAP	Nombre Plan SAP	N° Pos Mtto. SAP	Nombre Posición de Mtto SAP	N° Operación	Descripción Operación	Grupo Hoja Ruta SAP	Contador_Hoja Ruta SAP
HIDROCICLON KREBS	4320-CS-001A	CLASIFICACION		LP2.1001E.P4009.ZPM-G011	Mantencion interruptor flujo bajo			10	INSPECCION/MANTECION PM		

Fuente: base de datos minera los pelambres.

Tabla 3-5 Planilla MLP de solicitud de agregar equipos a sistema SAP.

Ciclo	Nombre MAF (Pauta)	Descripción de la Tarea de mantenimiento	Límite aceptabl e	Táctica	Frecuencia	Area de Especialida d	Puesto trabajo Responsabl e	Puesto Trabajo Ejecutor	Duración	Personas	Total HH
MP 21 DIAS		INSPECCION/MANTECION CICLON A			REALIZAR SECUENCIA POR PLAN MATRIZ 7 CICLONES CADA 7 DIAS	MECANICA	FEXMAC01	FEXMAC02	2	3	6

Fuente: base de datos minera los pelambres.

Un ejemplo de cómo se debe solicitar el ingreso de un equipo al sistema SAP para luego realizar una frecuencia de inspección/mantenimiento de los equipos descritos en este caso.

Se toma una tarea realizar como demostración de lo actual y como se ingresa la información al sistema.

Aviso de mantenimiento Ir a Detalles Entorno Sistema Ayuda

Visualizar aviso-MT: Avisos Plan

Nuevamente en trat.

Aviso	968952	A2	INSP 7D BATERIA DE CICLONES 4320CS001	
Status mensaje	MECE ORAS			
Orden	1445989			

Datos de emplazamiento

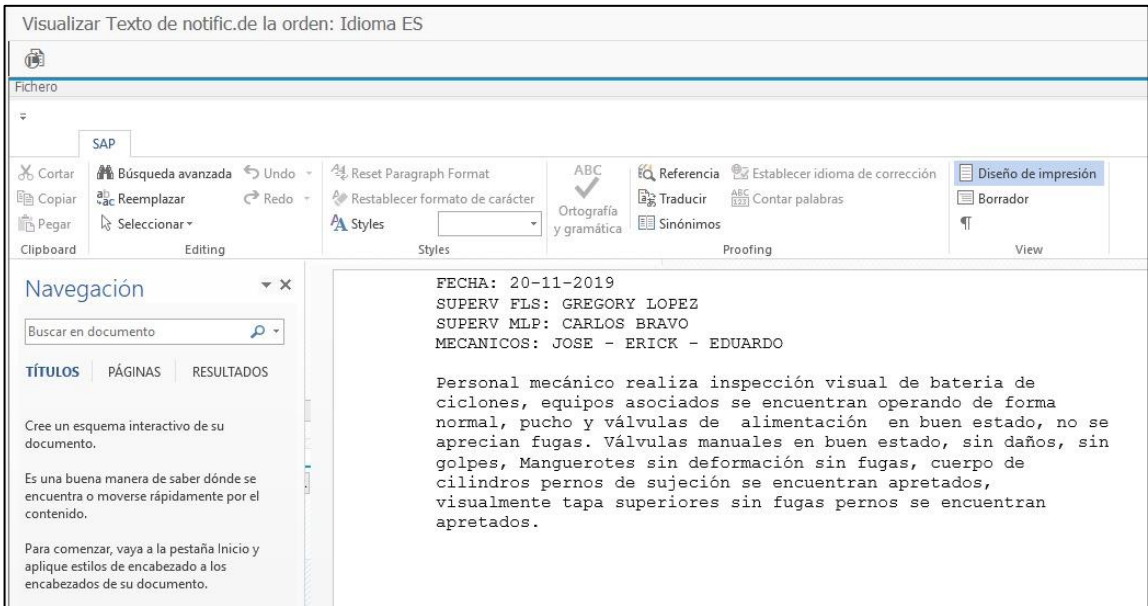
Ce.emplazam.	LP02	TRANQUE MAURO
Emplazamiento		
Local		
Área de empresa		
Puesto trabajo	FEXMEC02	Mecánico Externo Tranque Mauro
Indicador ABC	M	Media
Campo clasif.		

Imputación

Sociedad	1001	Minera Los Pelambres	Santiago
Activo fijo		/	
División			
Centro de coste	1001EP4009	Ciclones	Sociedad CO AMSA
Elemento PEP			
		Ord.liquidación	

Fuente: sistema de gestion SAP

Figura 3-5 Aviso para intervención.



Fuente: sistema de gestion SAP

Figura 3-6 Notificación de tarea realizada.

Al realizar el cambio de la batería actual a solo Hidrociclones Krebs, serán 22 ciclones y unos de estos quedara para toma de muestras de laboratorio sí que para implementar el plan de mantenimiento se constara con 21 para realizar un ciclo de inspección de 21 que se realiza en 3 días y así se dará un ciclo de 21 días de frecuencia de inspección por equipo, donde esta se revisara los componentes de más rápido acceso como:

- Vortex.
- Ápex.
- Codo 90° corto.
- Adaptador overflow.
- Manguerote.

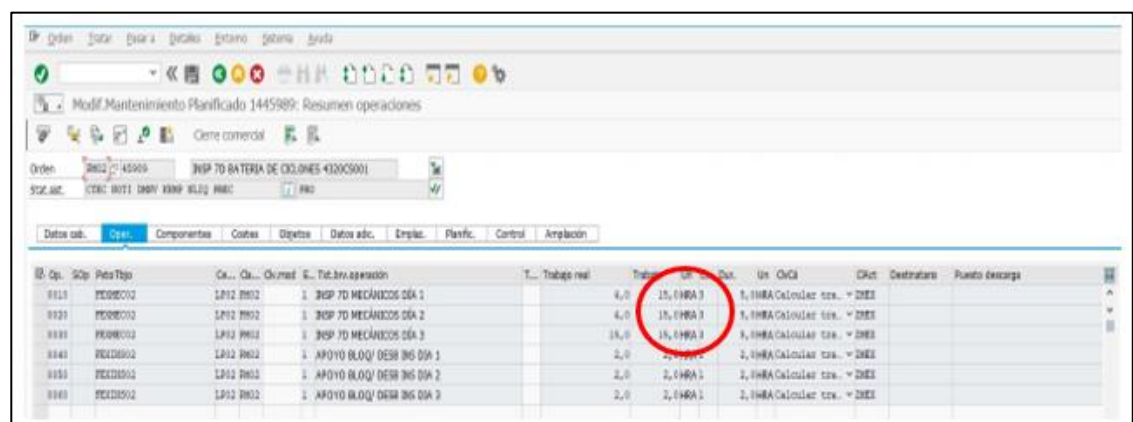
Estos comentarios son los cuales se pueden realizar cambios inmediatamente, por lo siguientes los demás componentes de más difícil acceso o por condones operacionales se debe crear aviso subsecuente y programar la intervención para realizar cambio de componente.

3.4. COSTOS DE INTERVENCIÓN

Utilizando el sistema de gestión se logra adquirir el costo de intervención, así se logrará identificar beneficios.

3.4.1. Costos intervención actual:

El plan de mantenimiento actual genera un coste de UD\$5100 en 45hrs semanales.



ID Op.	Objeto	Plazo	Clas.	Clas. de cost.	Clas. de inv.	Trabajo real	Trabajo plan.	Unidad	Costo	Costo de inv.	Costo de op.	Costo de mat.	Costo de sub.	Costo de ocr.	Costo de ocr.	Costo de ocr.	Costo de ocr.	Costo de ocr.	Costo de ocr.
0010	MECANICO	12/12/2012	1	12/12/2012	1	12/12/2012	1h, 1HRA 1	1	1HRA	1	1HRA	1	1HRA	1	1HRA	1	1HRA	1	1HRA
0020	MECANICO	12/12/2012	1	12/12/2012	1	12/12/2012	1h, 1HRA 1	1	1HRA	1	1HRA	1	1HRA	1	1HRA	1	1HRA	1	1HRA
0030	MECANICO	12/12/2012	1	12/12/2012	1	12/12/2012	1h, 1HRA 1	1	1HRA	1	1HRA	1	1HRA	1	1HRA	1	1HRA	1	1HRA
0040	MECANICO	12/12/2012	1	12/12/2012	1	12/12/2012	2h, 2HRA 1	2	2HRA	2	2HRA	2	2HRA	2	2HRA	2	2HRA	2	2HRA
0050	MECANICO	12/12/2012	1	12/12/2012	1	12/12/2012	2h, 2HRA 1	2	2HRA	2	2HRA	2	2HRA	2	2HRA	2	2HRA	2	2HRA
0060	MECANICO	12/12/2012	1	12/12/2012	1	12/12/2012	2h, 2HRA 1	2	2HRA	2	2HRA	2	2HRA	2	2HRA	2	2HRA	2	2HRA

Fuente: Sistema de gestión SAP

Figura 3-7 Distribución de las tareas.

Orden Tratar Pasar a Detalles Entorno Sistema Ayuda

Modificar Mantenimiento Planificado 1445989: Cabecera central

Cierre comercial

Orden PM02 45989 INSP 7D BATERIA DE CICLONES 4320CS001

Stat.sist. CTEC NOTI DMNV K3MP NLIQ PREC PRO

Datos cab. Oper. Componentes Costes Objetos Datos adic. Emplaz. Planific. Control Ampliación

Responsable

Gpo.plan. PTF / LP02 Planner Tranque

Rs.pto.tr. FMEC01 / LP02 Supervisor Mecáni.

Aviso 968952 60

Costes 5.100,00

Clactv.PM PV Preventivo

EstdInstal 1 En funcionamien

Fechas

Inic.extr. 18.11.2019 08:00

Fin extr. 20.11.2019 14:18

Prioridad Próximos programas

Revisión 2019.547 Sem 47 del 18-nov-2019 al 2

Objeto de referencia

Ubic técn. LE2.06.02.SEC01.C...

Equipo 11720

Bateria Hidrociclones CS001

BATERIA DE HIDROCICLONES 4320CS001

Datos avería SíntomaAvería Fechas aviso

IniAvería 01.08.2019 10:48:28

FinAvería 00:00:00

Parada

Duración parada 0,00 H

Primera operación

Operación INSP 7D MECÁNICOS DÍA 1

PtoTrab/Ce FMEC02 / LP02

TrabInvert 15,0

Nº pers. 0

CvCá

Clactiv. ZMEX

Dur.oper. 5,0

Calcular trabajo

MAF

Comp.

SAP

Fuente: Sistema de gestion SAP.

Figura 3-8 Número de aviso

Orden Tratar Pasar a Detalles Entorno Sistema Ayuda

Modificar Mantenimiento Planificado 1445989: Resumen de costes

Cierre comercial

Orden PM02 45989 INSP 7D BATERIA DE CICLONES 4320CS001

Stat.sist. CTEC NOTI DMNV K3MP NLIQ PREC PRO

Datos cab. Oper. Componentes Costes Objetos Datos adic. Emplaz. Planific. Control Ampliación

Gsts. estimados 5.100,00 USD

Informe pl./real Informe pres./compr.

Valores moneda obj. USD

Valores mon.soc.CO USD

Resumen Costes Cantidades Ratios

Grupo/Denomin.	CstEstim.	Cst.plan	Cst.reales	M.
Costes	5.100,00	5.100,00	0,00	U...
Mano de obra	5.100,00	5.100,00	0,00	U...

Fuente: Sistema de gestión SAP

Figura 3-9 Costo de la tarea HH.

Evaluando lo anterior con la disminución de intervenciones nos favorece en los costos por tener menos HH de ejecución y menores detenciones por mantenimiento de equipo al tener menos HH aproximadamente un 30% de los costos actuales de intervención en la batería.

3.5. ELABORACIÓN PAUTA DE INSPECCIÓN.

Se procederá a crear la pauta junto a todo lo investigado anteriormente, al desarrollo de la pauta.

3.5.1. Desarrollo de pauta.

Fecha

Orden

Observaciones

tarea:

1.-realizar inventario de componentes en bodega(rotonda ciclones).

2.-pedir P#-200(mallaje), para verificar estado de clasificación.

3.-Realizar peticion de equipo.

4.- Bloueo de equipo.

5.-segun procedimiento realizar inspeccion y alaizar componentes y si presentas desgaste realizar cambio.

6.- rellenar pautas de cambio segun componente.

7.- desbloqueo de equipo.

ADAPTADOR OVERFLOW 10"

TAPA CARACOL

ADAPTADOR ALIMENTACION

VORTEX

CARACOL

CILINDRO PRIMARIO

CONO PRIMARIO

CYCLOWASH

CONO SECUNDARIO

APEX

FALDON

Equipo	Estado	Vortex	Adaptador Overflow 10"	Codo 90°	Apex	Cyclowash	Caracol	Otros	Comentario
	Normal								
	Desgaste ¿realiza cambio?								
Equipo	Estado	Vortex	Adaptador Overflow 10"	Codo 90°	Apex	Cyclowash	Caracol	Otros	Comentario
	Normal								
	Desgaste ¿realiza cambio?								
Equipo	Estado	Vortex	Adaptador Overflow 10"	Codo 90°	Apex	Cyclowash	Caracol	Otros	Comentario
	Normal								
	Desgaste ¿realiza cambio?								

Fuente: Elaboración propia basado en mantenimiento

Figura 3-10 Pauta de inspección

Con la pauta o MAF de mantenimiento más la gestión de inventario en bodega en terreno realizando la actualización de inventario se logra cumplir con lo planteado en el desarrollo del presente trabajo de título, con una gran oportunidad de seguir mejorando los sistemas de control de mantenimiento, controlando mejor los cambios de componentes y así a futuro lograr atreves de SAP un plan automático de inspección/mantenición de los equipos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Compañía minera los pelambres unas de los productores de concentrados de cobre líder en el país caracterizada por estar bajo estándares de operación y mantenimiento de alta calidad.

Por lo cual el buen control de sus actividades de operación es esencial, principalmente el mantenimiento programado para poder llevar a una alta confiabilidad los equipos de su proceso productivo.

Capítulo 1: Estudiando el contexto operacional para establecer bases de funcionamiento de la operación de la compañía, se logra establecer criterios necesarios para un buen desarrollo de esta investigación.

El tranque de relaves en mauro con el conjunto de equipos que utiliza para clasificación de arenas de relaves (partículas finas o gruesas) para realizar la construcción de muro de contención.

Capítulo 2: Fue esencial para realizar el plan de mantenimiento que para la futura expansión de producción de la compañía, cambiara la configuración de la actual batería a solo un tipo de Hidrociclón que en este caso son KREBS FLSmidth.

Logrando realizar identificación de los componentes con más frecuencia de cambio durante el proceso de operación, utilizando herramientas de mantenimiento como RMC, así se logra adquirir una base determinante y realizar un estudio para el desarrollo de pauta de inspección/mantenimiento, que también logrará ordenar y poder mantener un control de repuestos en terreno para que cuando se ejecute la pauta de mantenimiento actualizada, se lograra disminuir el tiempo de intervención y mejorar las detenciones de equipos por mantenimiento.

Capítulo 3: La utilización de herramientas de análisis de mantenimiento como Pareto, Ishikawa y análisis de criticidad nos orientó para el desarrollo de este plan logrando incrementar las herramientas y recursos que se poseen. Disminuyendo tiempos y con estos también se logra disminuir costos por tener menos HH asociadas a tareas que se pueden desarrollar en una sola intervención de los equipos.

Siendo una gran oportunidad de desarrollo para el departamento de mantenimiento y elevando la confiabilidad de la operación del proceso de relave.

BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE LA INFORMACIÓN

CORTES, G. (2019). *Manual de operaciones tranque el Mauro*. Salamanca: Minera Los Pelambres.

FLsmidth. (2014). *installation, Operation, maintenance FLsmidth Krebs Cyclones*. Santiago: FLsmidth.

FLsmidth. (2016). *FLsmidth Kreb Cyclones, Metalurgio*. Santiago: FLsmidth.

Guzman, S. (2016). *Instructivo clasificacion de areas en planta de hidrociclones*. salamanca: Minera Los Pelambres.

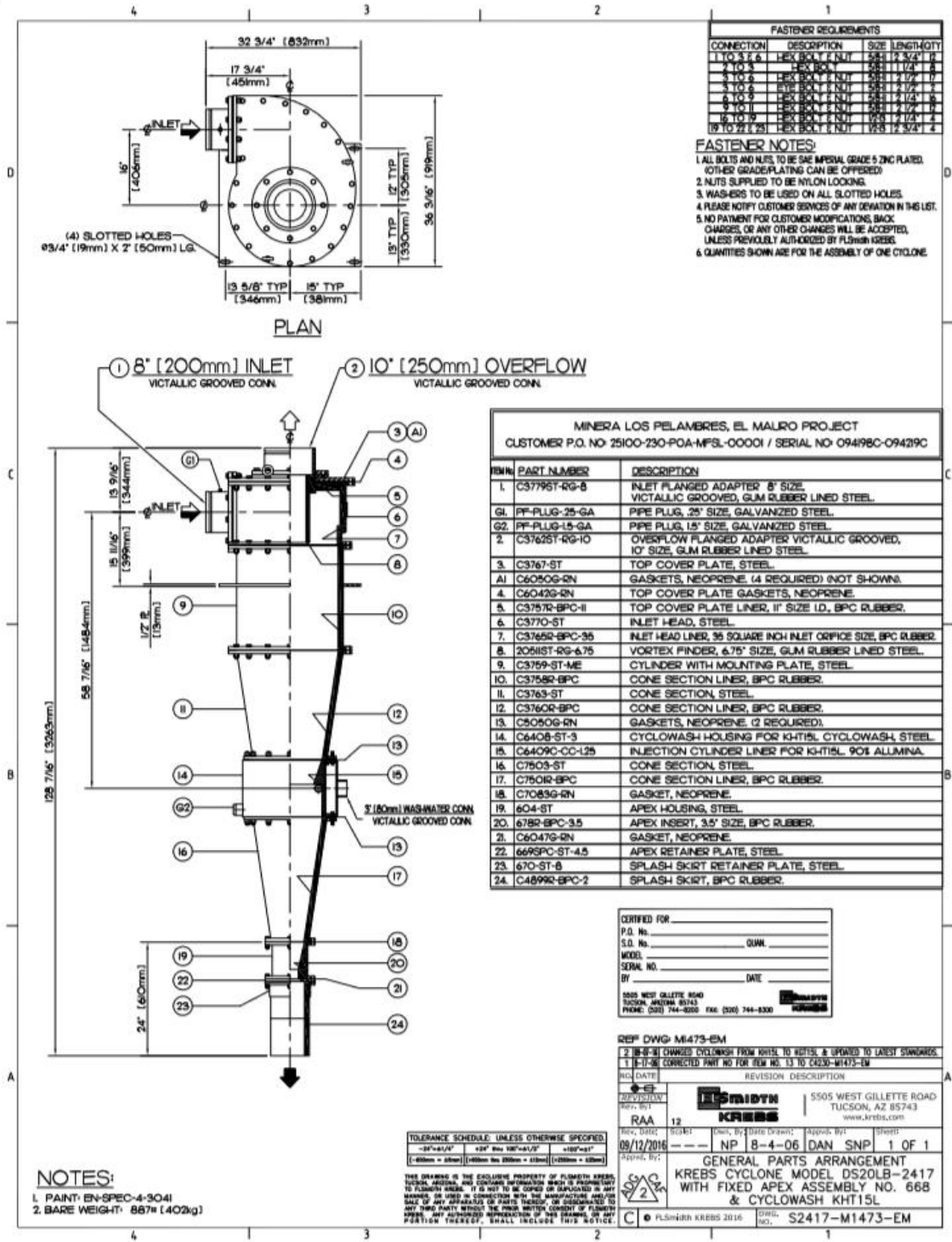
Madariaga, P. (2017). *Manual de operaciones sistema de transporte de relaves*. Salamanca: Minera Los Pelambres.

Pelambres, M. L. (2019). *Centro Documental*. Salamanca: Minera Los Pelambres.

Juan Cuevas f. T.,(2010) Diseño de hidrocilones

ANEXOS.

ANEXO A: PLANO HIDROCICLON



ANEXO C PLANOS DESPIECE DE BATERÍA DE HIDROCICLONES

EXPLODED ISO
SCALE 1:1.5

NOTES:

1. REFER TO DRAWING M473-EM FOR DIMENSIONAL DATA.
2. QUANTITIES SHOWN ARE FOR THE ASSEMBLY OF ONE MANIFOLD SYSTEM & SUPPLIED BY KREBS ENGINEERS, UNLESS OTHERWISE NOTED.
3. UNIT TO BE ASSEMBLED WITH STANDARD PLATED FASTENERS PER BOLT LIST M473-EM.

THIS DRAWING IS THE EXCLUSIVE PROPERTY OF KREBS ENGINEERS. IT IS NOT TO BE REPRODUCED OR TRANSMITTED IN ANY FORM OR BY ANY MEANS, ELECTRONIC OR MECHANICAL, INCLUDING PHOTOCOPYING, RECORDING, OR BY ANY INFORMATION STORAGE AND RETRIEVAL SYSTEM. ANY UNAUTHORIZED REPRODUCTION OF THIS DRAWING, OR ANY PART THEREOF, WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF KREBS ENGINEERS, SHALL BE CONSIDERED A VIOLATION OF THE PATENT RIGHTS OF KREBS ENGINEERS.

BILL OF MATERIALS				
ITEM No.	DESCRIPTION	QTY	PART No.	DWG No.
1	0-40 PSI GAUGE PRESSURE (BOMBS 60 BY APPROX DIMENSIONS)	1	PR-UTD-060	PL-707
2	36" (900mm) MANIFOLD COVER	1	MF473-1A-EM	MF473-1-EM
3	96" (2400mm) FEED DISTRIBUTOR (V2 (12mm) GLIM RUBBER LINED)	1	MF473-1B-EM	MF473-1-EM
4	2" (50mm) BLIND FLANGE	1	PF-8F-60-2	---
5	8" (200mm) INLET SPOOL "A" (V2 (12mm) GLIM RUBBER LINED)	22	C503A-M473-EM	C503-M473-EM
6	10" (250mm) OVERFLOW PIPE (V2 (12mm) GLIM RUBBER LINED)	22	C503A-M473-EM	C503-M473-EM
7	10" (250mm) STYLE 17 VICTALIC COUPLING	44	VC-77-10	---
8	10" (250mm) OVERFLOW PIPE (V4" (16mm) GLIM RUBBER LINED)	22	C503B-M473-EM	C503-M473-EM
9	KREBS CYCLOONES MODEL DS20L9-247	22	DS20L9-247	---
10	8" (200mm) CLACKSON VALVE ACTUATOR (W/ AIR ACTUATOR) (KREBS-9) (MANIFOLD)	22	K500-AC-4M	---
11	8" (200mm) STYLE 17 VICTALIC COUPLING	44	VC-77-8	---
12	8" (200mm) INLET SPOOL "B" (V2 (12mm) GLIM RUBBER LINED)	22	C503B-M473-EM	C503-M473-EM
13	36" (900mm) STYLE 44 VICTALIC COUPLING	1	VC-44-36	---
14	OVERFLOW LAUNDER "A" (V4" (16mm) GLIM RUBBER LINED)	1	MF473-2B-EM	MF473-2-EM
15	OVERFLOW LAUNDER "A" (V4" (16mm) GLIM RUBBER LINED)	1	MF473-2A-EM	MF473-2-EM
16	SUPPORT WING "A"	4	MF473-2D-EM	MF473-2-EM
17	SUPPORT WING "B"	16	MF473-2E-EM	MF473-2-EM
18	CYCLONE MOUNTING PLATE "A"	16	MF473-3A-EM	MF473-3-EM
19	CYCLONE MOUNTING PLATE "B"	4	MF473-3B-EM	MF473-3-EM
20	CYCLONE MOUNTING PLATE "C"	4	MF473-3C-EM	MF473-3-EM
21	OVERFLOW DISCHARGE PIPE (V4" (16mm) GLIM RUBBER LINED)	1	MF473-3D-EM	MF473-3-EM
22	36" (900mm) FEED PIPE (V2 (12mm) GLIM RUBBER LINED)	1	MF473-5-EM	MF473-5-EM
23	ROLLED RING SUPPORT "A"	2	MF473-6B-EM	MF473-6-EM
24	ROLLED RING SUPPORT "B"	2	MF473-6A-EM	MF473-6-EM
25	SUPPORT FRAME	1	MF473-4A-EM	MF473-4-EM
26	FRAME OUTRIGGER "A"	1	MF473-4B-EM	MF473-4-EM
27	FRAME OUTRIGGER "B"	1	MF473-4C-EM	MF473-4-EM
28	CYCLOWASH HEAD "A"	2	MF473-9A-EM	MF473-9-EM
29	CYCLOWASH HEAD "B"	1	MF473-9B-EM	MF473-9-EM
30	CYCLOWASH HEAD "C"	1	MF473-9C-EM	MF473-9-EM
31	8" (200mm) x 1" (25mm) HOSE	22	PF-40SE-518	---
32	3" (75mm) STYLE 76 VICTALIC	44	VC-76-3	---
33	8" (200mm) BALL VALVE (W/ AIR ACTUATOR) (KREBS)	22	CV-8V-SAE2000AC	---
34	COLLARS 8" x 3" BSP	22	PF-COLP-8-3	---
35	COLLARS 8" x 2" BSP	1	PF-COLP-8-2	---
36	CYCLOWASH HEAD "D"	1	MF473-9D-EM	MF473-9-EM
37	UNDERFLOW LAUNDER "A" (V2 (12mm) GLIM RUBBER LINED)	1	MF473-5A-EM	MF473-5-EM
38	UNDERFLOW LAUNDER "B" (V2 (12mm) GLIM RUBBER LINED)	1	MF473-5B-EM	MF473-5-EM
39	3" (75mm) BLIND FLANGE	1	PF-8F-30LNP1	---
40	VICTALIC ELBOW 100-10"	22	VC-10-10	---
41	SUPPORT PLATE	44	C7003-07	DET. 8
42	50mm (2") PLANKED OMPANAGM SEAL	1	PF-OMP-SEAL-2	---
43	TRANSFORMER OF PRECISION (BOMBS)	1	PF-MF-400SEAD	---
44	U-BOLT FOR PIPE 300MM	10	C773-07-6	---
45	---	1	---	---
46	MANIFOLD FASTENER LIST	1	MB473-EM	MB473-EM

DEF. DWG: M473-EM

REVISION STATUS

Drawn By:

Date: 2-18-07

Scale: ICS

Appr. By:

S.G.

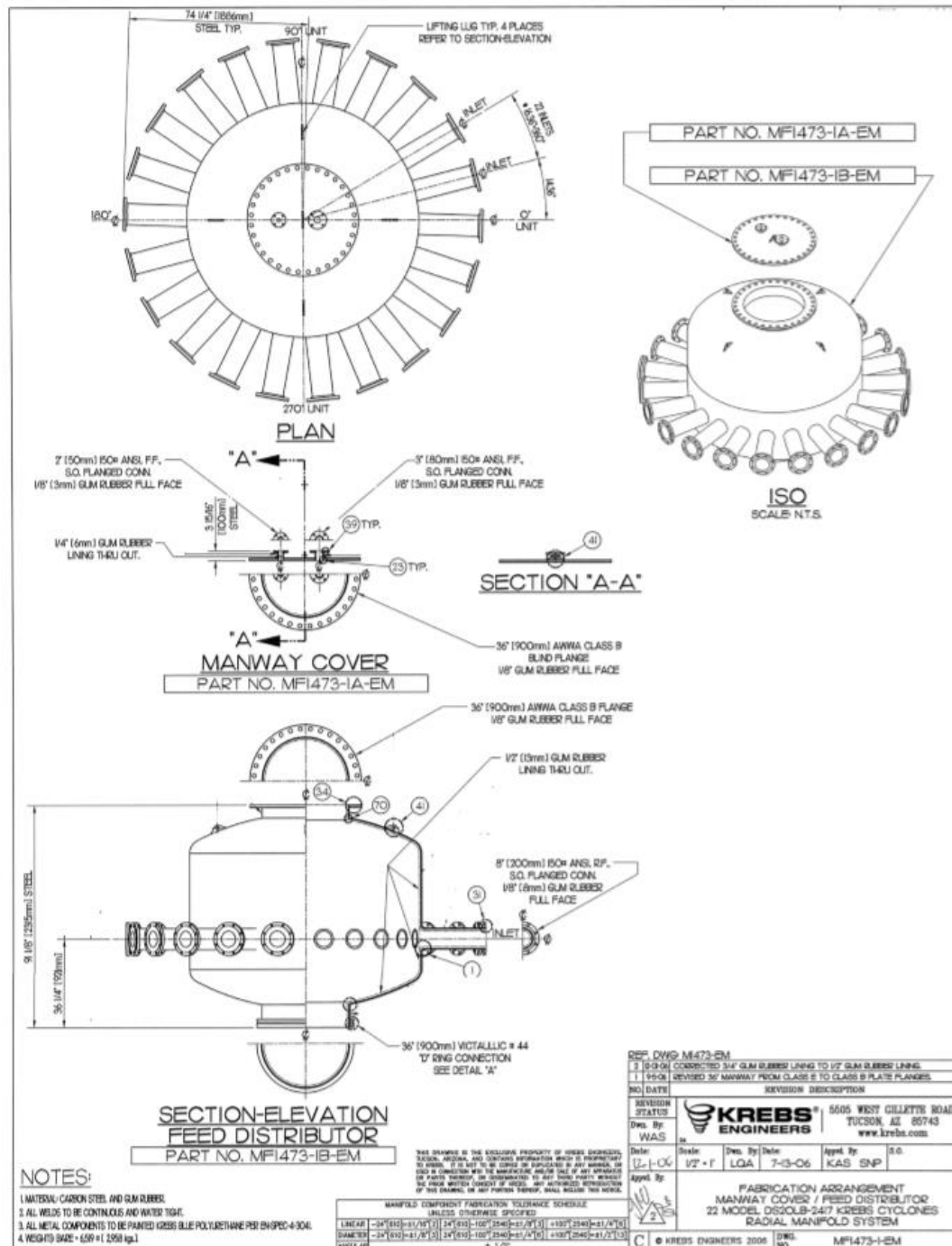
KREBS ENGINEERS 5505 WEST GILLETTE ROAD
TUCSON, AZ 85743
www.krebs.com

ASSEMBLY ARRANGEMENT
22 MODEL DS20L9-247 KREBS CYCLOONES
RADIAL MANIFOLD SYSTEM

© KREBS ENGINEERS 2006 DWG. NO. M473-1-EM

Fuente: FLsmidth. installation, Operation, maintenance

ANEXO D: PLANOS DESPIECE MANIFOLD DE CARGA.



Fuente: FLsmidth. installation, Operation, maintenance

FLSMIDTH Order Acknowledgment		Order Acknowledgment 1017922  ITR: KC / 1 / 2018214	
FLSmidth S.A., Fresia 2132, Renca, Santiago, Chile, Tel+56 (562) 463-8300,Fax +56 (562) 463-8383,Tax ID (RUT) : 89.664.200-6			
Invoice To MINERA LOS PELAMBRES AVDA, APOQUINDO 4001 PISO 18 LAS CONDES SANTIAGO CHILE		Ship To MINERA LOS PELAMBRES AVDA, APOQUINDO 4001 PISO 18 LAS CONDES SANTIAGO CHILE	

ORDER DATE	DIVISION	CUSTOMER VAT #	CUSTOMER ORDER NO.	
01-Aug-2018	DOMESTIC	96.790.240-3	4510066305	
SHIP DATE	PAYMENT TERMS	CUSTOMER ORDER DATE	CUSTOMER NO.	
14-Sep-2018	NET 30 DAYS	30-Jul-2018	96790240/000	

ITEM NO.	QTY.	PART /MODEL NO.	DESCRIPTION	UNIT PRICE	AMOUNT
4	1	BL-MM700-MLP-01 11138487	BOLT SET MM700 1ST MAINTENANCE	365,698.00	365,698.00
			CLP	CLP	
		Ship Date : 26-Aug-2018			
		BodegMatRepos: LP01 CHACAY			
5	1	MMF-500-101QR 11150931	MMF POWER FRAME QUICK RELEASE	30,841,146	30,841,146.
			CLP	CLP	
		Ship Date : 24-Aug-2018			
		BodegMatRepos: LP01 CHACAY			
6	1	MM700-114-BLRMF 11150932	SEALRYT BLR GLAND ASSEMBLY	6,484,000.	6,484,000.0
			CLP	CLP	
		Ship Date : 24-Aug-2018			
		BodegMatRepos: LP01 CHACAY			

ALL PRICES EX-WORKS, IN THE CURRENCY CODE INDICATED ON THIS FORM. INCLUDES STANDARD PACKAGING ONLY, ADDITIONAL SHIPPING AND/OR PACKAGING CHARGES MAY APPLY.

All Ship Dates Quoted are Correct at time of issue and subject to change/confirmation at time of Order Placement.

ALL ORDERS SUBJECT TO FLSMIDTH TERMS AND CONDITIONS ATTACHED. SOME EQUIPMENT IS SUBJECT TO EXPORT AND/OR RESALE RESTRICTIONS, CONTACT FLSMIDTH FOR ADDITIONAL INFORMATION.

Fuente: FLSmidth. installation, Operation, maintenance



Order Acknowledgment

Order Acknowledgment 1017922



ITR: KC / 1 / 2018214

FLSmidth S.A., Fresia 2132, Renca, Santiago, Chile, Tel+56 (562) 463-8300,Fax +56 (562) 463-8383,Tax ID (RUT) : 89.664.200-6

Invoice To

MINERA LOS PELAMBRES
AVDA. APOQUINDO 4001 PISO 18
LAS CONDES
SANTIAGO
CHILE

Ship To

MINERA LOS PELAMBRES
AVDA. APOQUINDO 4001 PISO 18
LAS CONDES
SANTIAGO
CHILE

ORDER DATE	DIVISION	CUSTOMER VAT #	CUSTOMER ORDER NO.		
01-Aug-2018	DOMESTIC	96.790.240-3	4510056305		
SHIP DATE	PAYMENT TERMS	CUSTOMER ORDER DATE	CUSTOMER NO.		
14-Sep-2018	NET 30 DAYS	30-Jul-2018	96790240/000		
ITEM NO.	QTY.	PART/MODEL NO.	DESCRIPTION	UNIT PRICE	AMOUNT
7	1	MM-CPLLSC13713 11150933 LOVEJOY FHD5LX 8/5TB220 COUPLING Ship Date : 24-Aug-2018 BodegMatRepos: LP01 CHACAY	36,917,951 CLP	36,917,951 CLP	
8	1	UM700-Q53-PP103 11151682 UMD 28X26-64 MMF-QR MODULE Ship Date : 24-Aug-2018 BodegMatRepos: LP01 CHACAY	79,308,398 CLP	79,308,398 CLP	
9	1	UM700-Q53-PP103 11151682 UMD 28X26-64 MMF-QR MODULE Ship Date : 14-Sep-2018 BodegMatRepos: LP01 CHACAY	79,308,398 CLP	79,308,398 CLP	

ALL PRICES EX-WORKS, IN THE CURRENCY CODE INDICATED ON THIS FORM, INCLUDES STANDARD PACKAGING ONLY, ADDITIONAL SHIPPING AND/OR PACKAGING CHARGES MAY APPLY.

ALL ORDERS SUBJECT TO FLSMIDTH TERMS AND CONDITIONS ATTACHED. SOME EQUIPMENT IS SUBJECT TO EXPORT AND/OR RESALE RESTRICTIONS, CONTACT FLSMIDTH FOR ADDITIONAL INFORMATION.

All Ship Dates Quoted are Correct at time of issue and subject to change/confirmation at time of Order Placement.

Fuente: FLSmidth. installation, Operation, maintenance

 Order Acknowledgment	Order Acknowledgment 1017922  ITR: KC / 1 / 2018214
FLSmidth S.A., Fresia 2132, Renca, Santiago, Chile, Tel+56 (562) 463-8300, Fax +56 (562) 463-8383, Tax ID (RUT) : 89.664.200-6	

Invoice To
MINERA LOS PELAMBRES
AVDA. APOQUINDO 4001 PISO 18
LAS CONDES
SANTIAGO
CHILE

Ship To
MINERA LOS PELAMBRES
AVDA. APOQUINDO 4001 PISO 18
LAS CONDES
SANTIAGO
CHILE

ORDER DATE 01-Aug-2018	DIVISION DOMESTIC	CUSTOMER VAT # 96.790.240-3	CUSTOMER ORDER NO. 4510056305
SHIP DATE 14-Sep-2018	PAYMENT TERMS NET 30 DAYS	CUSTOMER ORDER DATE 30-Jul-2018	CUSTOMER NO. 96790240/000

ITEM NO.	QTY.	PART/MODEL NO.	DESCRIPTION	UNIT PRICE	AMOUNT
10	8	KHT15L02 11150829	STUD 5/8-11 2.75" STAINLESS STEEL <i>Ship Date : 17-Aug-2018</i>	1,362.00	10,896.00
		BodegMatRepos: LP02 MAURO		CLP	CLP
11	8	KHT15L01 11150830	STUD 5/8-11 2.75" STAINLESS STEEL <i>Ship Date : 17-Aug-2018</i>	1,621.00	12,968.00
		BodegMatRepos: LP02 MAURO		CLP	CLP
12	1	C6409C-CC-1.25 11150832	CYCLO-WASH LINER, 92% ALUMINA (CC) <i>Ship Date : 14-Sep-2018</i>	1,958,168.	1,958,168.0
		BodegMatRepos: LP02 MAURO		CLP	CLP

ALL PRICES EX-WORKS, IN THE CURRENCY CODE INDICATED ON THIS FORM, INCLUDES STANDARD PACKAGING ONLY, ADDITIONAL SHIPPING AND/OR PACKAGING CHARGES MAY APPLY.

ALL ORDERS SUBJECT TO FLSMITH TERMS AND CONDITIONS ATTACHED. SOME EQUIPMENT IS SUBJECT TO EXPORT AND/OR RESALE RESTRICTIONS, CONTACT FLSMITH FOR ADDITIONAL INFORMATION.

All Ship Dates Quoted are Correct at time of issue and subject to change/confirmation at time of Order Placement.

Fuente: FLsmidth. installation, Operation, maintenance

		Order Acknowledgment 1017922	
Order Acknowledgment			
		ITR: KC / 1 / 2018214	
FLSmidth S.A., Fresia 2132, Renca, Santiago, Chile, Tel+56 (562) 463-8300,Fax +56 (562) 463-8383,Tax ID (RUT) : 89.664.200-6			
Invoice To		Ship To	
MINERA LOS PELAMBRES AVDA. APOQUINDO 4001 PISO 18 LAS CONDES SANTIAGO CHILE		MINERA LOS PELAMBRES AVDA. APOQUINDO 4001 PISO 18 LAS CONDES SANTIAGO CHILE	

ORDER DATE	DIVISION	CUSTOMER VAT #	CUSTOMER ORDER NO.
01-Aug-2018	DOMESTIC	96.790.240-3	4510056305
SHIP DATE	PAYMENT TERMS	CUSTOMER ORDER DATE	CUSTOMER NO.
14-Sep-2018	NET 30 DAYS	30-Jul-2018	96790240/000

ITEM NO.	QTY.	PART/MODEL NO.	DESCRIPTION	UNIT PRICE	AMOUNT
			SUBTOTAL		237,195,621.00
			VAT/GST/TAX (if applicable)		45,067,170.00
TOTAL					282,262,791. CLP

Fuente: FLSmidth. installation, Operation, maintenance