

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y
FORMALES



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

INFORME DE EXPERIENCIA PROFESIONAL:

**“IMPLEMENTACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE
COMISIONAMIENTO Y PUESTA EN MARCHA PARA LA
PLANTA CONCENTRADORA DE LAS BAMBAS MINING
COMPANY S.A.”**

PRESENTADO POR:

EDER OSMAR MATUTTI ROJAS

AREQUIPA 2016

INTRODUCCIÓN

El presente informe se elaboró con el fin de demostrar la integración del aprendizaje adquirido durante los estudios universitarios con mi experiencia laboral en el área de Comisionamiento y Puesta en Marcha desde el año 2012 al 2016 en una empresa dedicada a la minería.

De manera específica, mi labor está enfocada hacia el desarrollo de propuestas útiles en el área de Comisionamiento y Puesta en Marcha, en el cargo de Coordinador de Puesta en Marcha, específicamente en la mejora de procesos para el área.

Es aquí donde desenvuelvo mis capacidades profesionales, y en esta interacción con el trabajo presento por escrito mis logros mediante la implementación de procedimientos como estandarización de procesos; y cómo éstas ayudarán a mejorar la eficiencia y productividad del Comisionamiento y la Puesta en Marcha de la Planta Concentradora.

Actualmente en Las Bambas Mining Company S.A. no están establecidos procedimientos para el Comisionamiento y Puesta en Marcha de la Planta Concentradora. Se observa que se están realizando procesos que no están plasmados en procedimientos escritos de ejecución. Observándose un cierto nivel de desorden.

En este sentido, la empresa necesita de un apoyo de procedimientos escritos que permitan el buen desempeño en el Comisionamiento y Puesta en Marcha de la Planta Concentradora.

RESUMEN

Con el presente Informe de Experiencia Profesional, se busca implementar mejoras para el Comisionamiento y Puesta en Marcha de la Planta Concentradora; para lo cual, en el desarrollo de la misma se presenta en las tres etapas iniciales las generalidades del informe, el diagnóstico detallado de la empresa, la descripción del proceso productivo y las bases teóricas; una siguiente etapa de implementación de mejoras, siendo estos los procedimientos de Comisionamiento y Puesta en Marcha; y, una etapa final en la que se describe los resultados que se espera lograr con la implementación de dichos procedimientos.

Posterior al cuerpo del informe, se detallan las conclusiones, recomendaciones y referencias bibliográficas; finalizando así el Informe de Experiencia Profesional.



ABSTRACT

With this report Professional Experience, it seeks to implement improvements for Commissioning and Start Up of the concentrator plant; for which, in the development of it is presented in the three initial stages the generalities of the report, the company detailed diagnosis, the description of the production process and the theoretical basis; a next stage of implementing improvements, these improvements are procedures Commissioning and Start Up; and a final stage in which the results to be achieved with the implementation of these procedures is described.

Subsequent to the report body, conclusions, recommendations and references are detailed; ending the Report of Professional Experience.



DEDICATORIA

A Dios por haberme dado la vida y la sabiduría, por guiar mis pasos e iluminar mi camino.

A mi madre, mi Pilarcita, por su amor incondicional, esfuerzo, enseñanzas y perseverancia para ser una persona de bien.

A mis hermanos, por su apoyo constante, motivación, valores y ejemplo a seguir para el logro de mis objetivos.

A mis maestros, por sus palabras alentadoras, conocimientos y experiencias transmitidas.

A mis amigos y compañeros que estuvieron y están siempre a mi lado.

A la persona especial que me acompaña en la lucha por lograr lo mejor en la vida,

INDICE

INTRODUCCIÓN	ii
RESUMEN.....	iii
ABSTRACT.....	iv
CAPÍTULO I.....	1
1.1. TÍTULO.....	1
1.2. OBJETIVOS	1
CAPÍTULO II	3
2.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS DEL LUGAR.....	3
2.2. RAZÓN SOCIAL DE LA EMPRESA	4
2.3. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA EMPRESA	5
2.4. RESEÑA HISTÓRICA DE LA EMPRESA.....	8
2.5. VISIÓN	10
2.6. MISIÓN.....	10
2.7. PLANES Y PROYECTOS DE INVERSIÓN A CORTO Y LARGO PLAZO	11
2.8. EJES ESTRATÉGICOS	11
2.9. VALORES.....	12
2.10. ORGANIGRAMA DEL ÁREA DE TRABAJO	13
2.11. MARCO LEGAL.....	14
2.12. PROCESO PRODUCTIVO DE LAS BAMBAS MINING COMPANY S.A.....	14
2.12.1. Chancado Y Transporte De Mineral.....	15
2.12.2. Molienda Y Clasificación Del Mineral.....	18
2.12.3. Flotación Y Remolienda.....	26
2.12.4. Espesamiento De Concentrado Y Etapa De Filtrado	33
2.12.5. Planta De Cal Viva.....	35
2.12.6. Reactivos Y Floculantes.....	36
2.12.7. Espesamiento De Relaves	37
CAPÍTULO III.....	39
3.1. PRE OPERACIÓN.....	39
3.2. COMISIONAMIENTO Y PUESTA EN MARCHA	40
3.3. PLANTA CONCENTRADORA	43
3.4. COBRE.....	45

3.5.	ESTANDARIZACIÓN DE PROCESOS.....	56
3.6.	EFICIENCIA	59
3.7.	PRODUCTIVIDAD.....	62
CAPÍTULO IV.....		68
4.1.	LA LABOR PROFESIONAL DEL AUTOR DE ESTE INFORME	68
4.2.	LA SITUACIÓN DE LA EMPRESA LAS BAMBAS MINING COMPANY S.A. PREVIA A LA IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS.	69
4.3.	IMPLEMENTACIÓN DE ACCIONES DE MEJORARA.....	69
	PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE CON CARGA DE CHANCADOR PRIMARIO A STOCK PILE	70
	PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE CON CARGA DE MOLIENDA CON MATERIAL ESTERIL.....	96
	PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE CON CARGA DE MOLIENDA CON MINERAL.....	114
	PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE CON CARGA DE ESPESADOR Y PRESA DE RELAVES.....	131
	PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE CON CARGA DE ESPESADOR DE CONCENTRADO	148
	PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE CON CARGA DE FLOTACIÓN	164
	PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE CON CARGA DE REACTIVOS.....	182
	PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE CON CARGA DE LA PLANTA DE FILTROS.....	198
	PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE CON CARGA DE CHANCADOR PEBBLES	213
	PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE CON CARGA DE REMOLIENDA.....	229
CAPÍTULO V.....		246
CONCLUSIONES.....		248
RECOMENDACIONES.....		250
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		251

CAPÍTULO I

PRESENTACIÓN DEL INFORME DE TRABAJO PROFESIONAL

1.1. TÍTULO

**“IMPLEMENTACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE
COMISIONAMIENTO Y PUESTA EN MARCHA PARA LA PLANTA
CONCENTRADORA DE LAS BAMBAS MINING COMPANY S.A.”**

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

Implementar Procedimientos de Comisionamiento y Puesta en Marcha para la Planta Concentradora de Las Bambas Mining Company S.A.

1.2.2. Objetivos Específicos:

- Describir la situación actual del desarrollo del Comisionamiento y Puesta en Marcha de la Planta Concentradora.
- Contribuir en un mejor desarrollo del Comisionamiento y Puesta en marcha de la Planta Concentradora.
- Definir y diseñar los procedimientos necesarios para el Comisionamiento y Puesta en Marcha de la Planta Concentradora.



CAPÍTULO II

DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA

2.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS DEL LUGAR

Las Bambas, se encuentra ubicada en:

- Departamento: Apurímac.
- Provincia: Cotabambas.
- Distrito: Challhuahuacho.

El Distrito de Challhuahuacho es uno de los 6 distritos de la Provincia de Cotabambas ubicada en el departamento de Apurímac. El distrito fue creado mediante Ley 26391 del 18 de noviembre de 1994, en el gobierno de Alberto Fujimori. Con su capital Challhuahuacho. El distrito tiene un área de 439.96 Km²; y, de acuerdo al último censo nacional, el distrito de Challhuahuacho tiene una población de 7 321 habitantes.

2.3. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA EMPRESA

Las Bambas Mining Company S.A. está desarrollando actualmente el Proyecto Las Bambas en el sur del Perú, la Mina Las bambas está localizada en el departamento de Apurímac a 260 Kilómetros de la ciudad del Cuzco por carretera a una altitud entre los 3,800 y 4,200 msnm, el tiempo de vida estimado de la mina es de 18 años.

El acceso al Proyecto Las Bambas desde el Cusco es por caminos rurales existentes (214 km). El proyecto también está conectado a Arequipa por caminos existentes, tanto de tierra como asfaltados, con un total de 508 km. Esta última ruta también es la conexión más conveniente al Puerto marítimo de Matarani.

(Página web de Las Bambas)

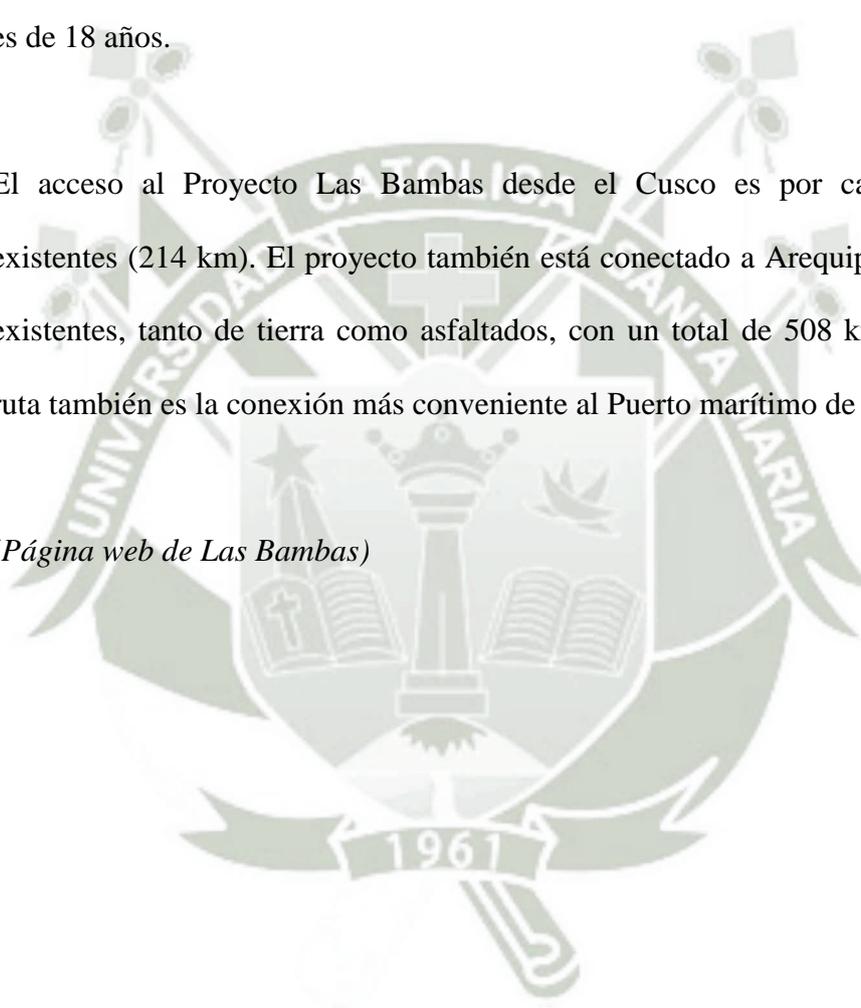


Imagen N° 02: Diseño de la Planta Concentradora de Las Bambas.



Fuente: Software Interno de las Bambas

2.3.1. Ambiente Físico

➤ **Clima:**

Clima Semi-frío a frío, de terreno Semi-Seco a lluvioso; con Otoños, Inviernos y Primaveras secos. Según la clasificación de Koppen este distrito se encuentra dentro del tipo de clima DWB caracterizado por presentarse entre los 3000 y 4000 msnm, representa el 14.6% de la superficie total del país. Las zonas que poseen este tipo de clima presentan veranos lluviosos e inviernos secos con fuertes heladas.

➤ **Temperatura:**

La temperatura más alta registrada para la provincia de Cotabambas, durante los meses de verano, alcanza el valor de 22°C, mientras que la temperatura más baja registrada, durante los meses de invierno alcanza el valor de -9°C.

➤ **Humedad Relativa:**

El valor de la humedad relativa, indica el grado de “saturación” de humedad del aire atmosférico, el cual esta fundamentalmente relacionado a la temperatura del aire. La humedad relativa promedio para la provincia de Cotabambas, es de 68%.

2.4. RESEÑA HISTÓRICA DE LA EMPRESA

La concesión minera Las Bambas fue descubierta en 1911 por la Ferrobamba Limited Company, quien lleva a cabo estudios geológicos y perforaciones iniciales, abandonando las concesiones en 1934.

En 1942, la empresa Cerro de Pasco Corporation obtiene los derechos sobre las concesiones y durante los siguientes años continúa con la exploración y perforación. Esta empresa realiza el primer estudio de estimación de reservas del prospecto Chalcobamba en 1966, reportando 27,8 millones de toneladas de mineral prospectivo con leyes de 2,1% de Cobre.

En Octubre de 1970, las concesiones revierten al Estado Peruano, manteniéndose así por más de 30 años. En 1972, los Derechos Estatales Especiales de Ferrobamba y Chalcobamba fueron asignados a Minero Perú (empresa estatal).

En 1977 se asigna también a esta empresa los Derechos Estatales Especiales del “área de influencia de las Unidades Económicas Administrativas Ferrobamba-Chalcobamba”. En 1991 los Derechos Estatales Especiales se convierten en 21 concesiones mineras.

Entre 1996 y 1997, Minero Perú firma acuerdos de exploración con Minera Antacori Corp. (Cyprus), Minera Phelps Dodge del Perú, Minera Teck Perú y BHP Tintaya Exploration Inc., bajo tales acuerdos, se completaron 25

perforaciones diamantinas, con avance de 4223m, en Chalcobamba y Ferrobamba.

En el año 2000, Minero Perú se integra a Centromín Perú (otra empresa estatal).

Como parte de la política de privatización del gobierno peruano, la Agencia de Promoción de la Inversión (Proinversión) somete a licitación para exploración minera, al complejo minero Las Bambas que comprende los yacimientos de Chalcobamba, Ferrobamba, Sulfobamba y Charcas, con un área de concesión minera de 35 000 Has. Como parte de este concurso, Proinversión programa en la segunda mitad del 2003, una nueva campaña de perforaciones con el propósito de proveer de información a las partes pre-calificadas que no exploraron el área entre 1996 y 1997. En esta campaña de perforación se realizaron 11 perforaciones (2328m) en Chalcobamba y Ferrobamba. Es así que, de 14 postores precalificados y en subasta pública, el año 2004, se ha adjudicado la buena pro a Xstrata Perú S.A. para desarrollar el Proyecto de Exploración Minera Las Bambas. El año 2008 se completa la exploración de 306 908 metros de perforación acumulados. En el año 2009 se concluye el estudio de factibilidad.

En el año 2010 se realiza la audiencia pública del EIA en Challhuahuacho; se suscribe el contrato de transferencia de la titularidad de las concesiones mineras de Las Bambas con el Estado, con una inversión prevista de más de 5 000 millones de dólares. El EIA es aprobado el año 2011, previo dialogo con las comunidades aledañas; ese mismo año, se informa el incremento del recurso mineral de Las Bambas en 10%, equivalente a 1 710 millones de toneladas con una ley de cobre de 0.60%.

El año 2012 comienza la construcción de la Planta Concentradora, hito muy importante para Las Bambas, así mismo la construcción de la carretera de carga pesada. Se tiene comprometido más del 60% de la inversión de la construcción.

El año 2013 ocurre algo importante, Glencore adquiere Las Bambas, en el marco de la adquisición de Xstrata, con un avance de construcción del 40% de la planta concentradora. Se aprueba también la primera modificación del EIA.

Finalmente, como hecho importante, en el año 2014, Glencore decide vender Las Bambas a un consorcio propiedad de MMG Limited. GUOXIN International Investment Corporation Limited y CITIC Metal Co., Limited. A diciembre el avance de la construcción llegó a un 80%.

2.5. VISIÓN

“Construir la empresa diversificada de metales base más respetada del mundo.”

2.6. MISIÓN

“Hacemos minería con el fin de generar riqueza para nuestra gente, las comunidades en las que desarrollamos nuestras operaciones y nuestros accionistas.”

(Página web de Las Bambas)

2.7. PLANES Y PROYECTOS DE INVERSIÓN A CORTO Y LARGO PLAZO

- Ampliación de Las Bambas
- Proyecto Galeno - Cajamarca

2.8. EJES ESTRATÉGICOS

Se genera valor a través de cuatro ejes estratégicos:

- **Crecimiento**

Adquiriremos y descubriremos activos de metales base que transformen nuestro negocio. Daremos rienda suelta al valor potencial de nuestra cartera de proyectos.

- **Transformación de las Operaciones**

Desarrollamos planes eficaces para generar oportunidades innovadoras de crecimiento y mejorar la productividad.

- **Nuestra Gente y Organización**

Brindaremos un lugar de trabajo saludable, seguro y con la protección necesaria, y fomentaremos una cultura que valore la colaboración, la responsabilidad y el respeto.

➤ **Reputación**

Somos valorados por nuestro compromiso con el progreso, alianzas de largo plazo y gestión internacional.

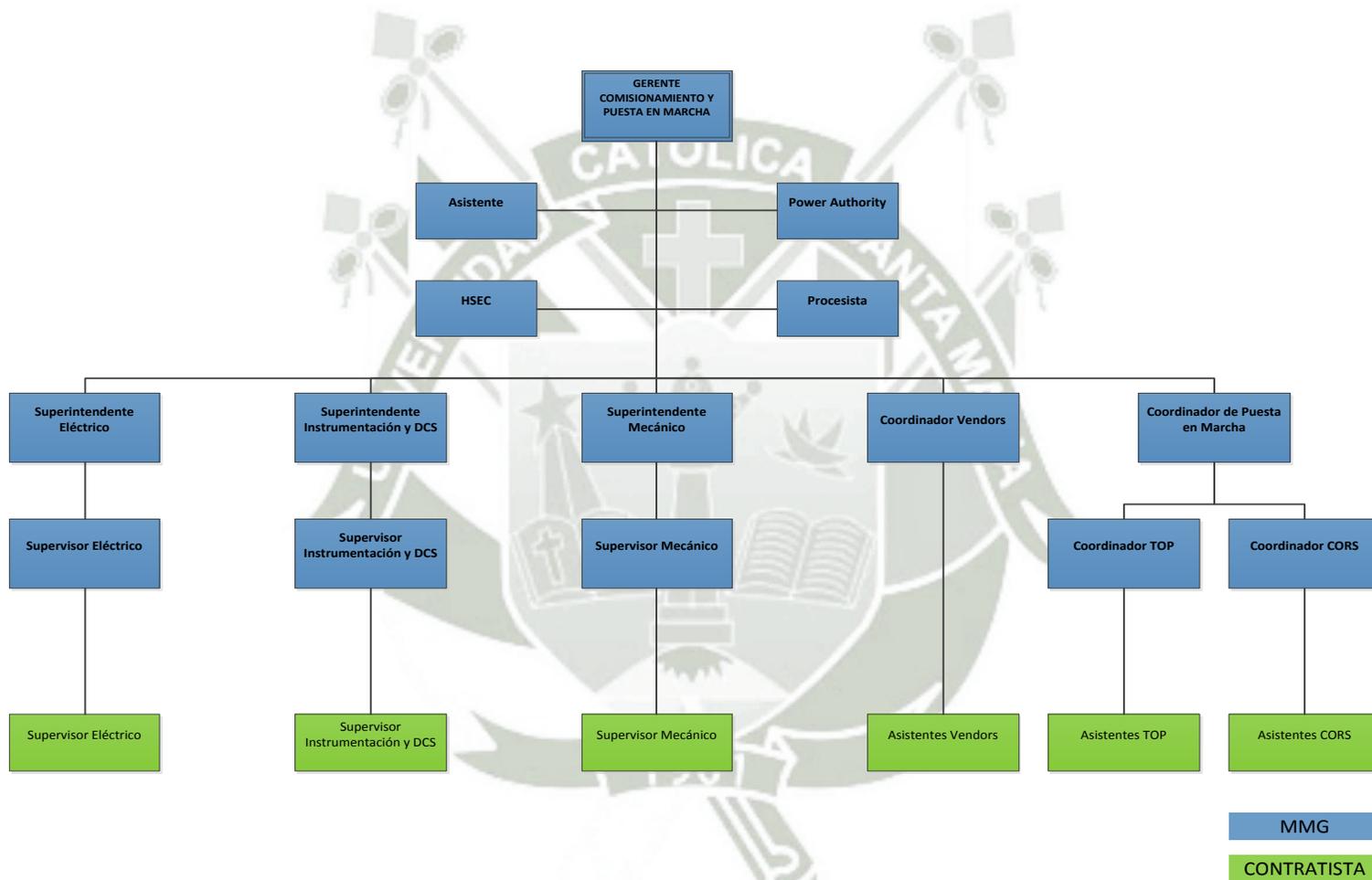
2.9. VALORES

Imagen N° 03: Valores Corporativos



Fuente: Pagina web de Las Bambas

2.10. ORGANIGRAMA DEL ÁREA DE TRABAJO



Fuente: Documentación Interna de Las Bambas

2.11. MARCO LEGAL

- Cumplir con el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería DS 055-2010 MEM.
- Cumplir con los Estándares MMG en materia de seguridad.
- Cumplir con los Procedimientos y normas aplicadas por el proyecto Las Bambas y legislación vigente.
- Cumplir con el Decreto Supremo N° 005-2012-TR, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo N° 29783.

(Página Web de Las Bambas)

2.12. PROCESO PRODUCTIVO DE LAS BAMBAS MINING COMPANY S.A.

El proyecto incluye todas las áreas necesarias para la mina, para el procesamiento del mineral, para la producción de un concentrado de cobre, para el almacenamiento de este concentrado y para el despacho, transporte y entrega del producto a puerto para embarque.

El sistema de control de la planta estará constituido por un DCS con nodos distribuidos y controladores lógicos programables (PLCs) de equipos mecánicos, los cuales proveerán la información proveniente de los equipos e instrumentos de terreno a las diferentes estaciones de operación y control ubicadas en las salas de control, desde donde se comandarán las diferentes operaciones de la planta.

2.12.1. Chancado Y Transporte De Mineral

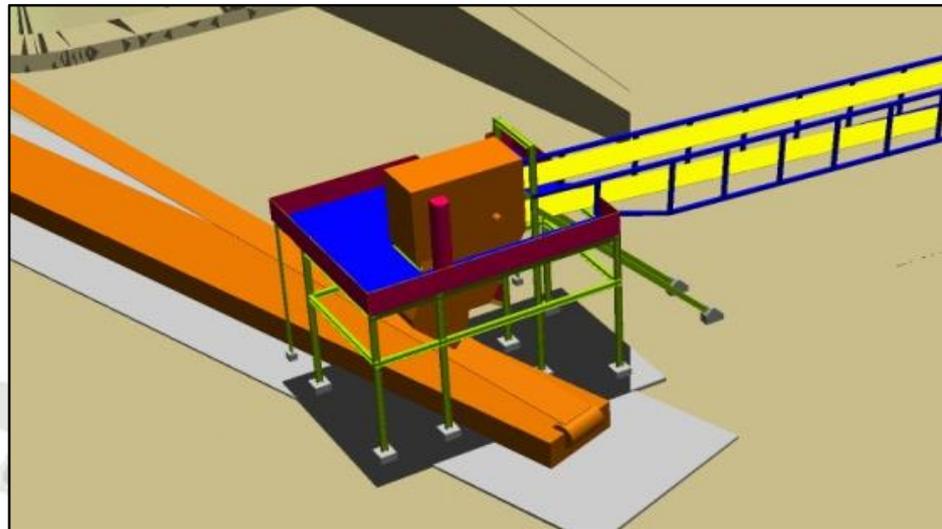
El mineral extraído de la mina será depositado por los camiones mineros en la tolva de descanso de los Chancadores Primarios. El mineral grueso chancado será transportado, por medio de un sistema de Correas Transportadoras hasta la pila de almacenamiento, ubicado adyacente a la planta concentradora. Cada Chancador Primario consta en su descarga de un Apron Feeder con un electroimán, respectivamente el material de ambos Feeders llega a la Correa de Sacrificio. Luego el mineral es transportado por medio de una Correa de Sacrificio y 2 Correas Overland hasta llegar al Stockpile con capacidad de 140000 T/d.

Imágen N° 04: Disposición general del área de chancado.



Fuente: Software Interno de Las bombas

Imagen N° 05: Vista general de torre de transferencia #2.



Fuente: Software Interno de Las bombas

a. Equipos Principales

- Chancador primario
- Alimentador de mineral
- Electroimán
- Correa de sacrificio
- Correa transportadora Overland

b. Definición de los Equipos Principales

- **Chancadora Primaria**

Es un equipo electromecánico, de tipo giratorio, empleado para la reducción del mineral que es extraído de la mina (conocido

como run of mine - ROM, tal como sale de la mina), a tamaños más finos; la reducción posterior ocurre en la planta de molienda.

Imagen N° 06: Vista general de la Chancadora Primaria Taylor



Fuente: Software Interno de Las bambas

➤ **Correa Transportadora Overland**

Es un equipo empleado en el transporte de mineral. Dicho equipo se encuentra ubicado a la descarga de la faja de sacrificio, bajo una disposición horizontal y curvada. La faja de

sacrificio, cuenta con una faja de lona cubierta de jebe, la cual tiene una forma de canal. La faja se desplaza entre poleas motrices y conducidas, como también entre poleas deflectoras, de igual modo, la faja reposa sobre polines de carga y polines retorno.

Imágen N° 07: Vista general de la Faja Overland



Fuente: Software Interno de Las bambas

2.12.2. Molienda Y Clasificación Del Mineral

El mineral grueso es sacado desde la pila de almacenamiento por ocho alimentadores de los cuales 4 alimentan a cada SAG y es entregado a los molinos SAG donde se adiciona agua y lechada de cal. Estos flujos se seleccionan en el set point del controlador de cada una de estas líneas. El circuito de molienda consiste en dos líneas de molienda que corresponden a dos molinos SAG y dos molinos de bolas. El producto

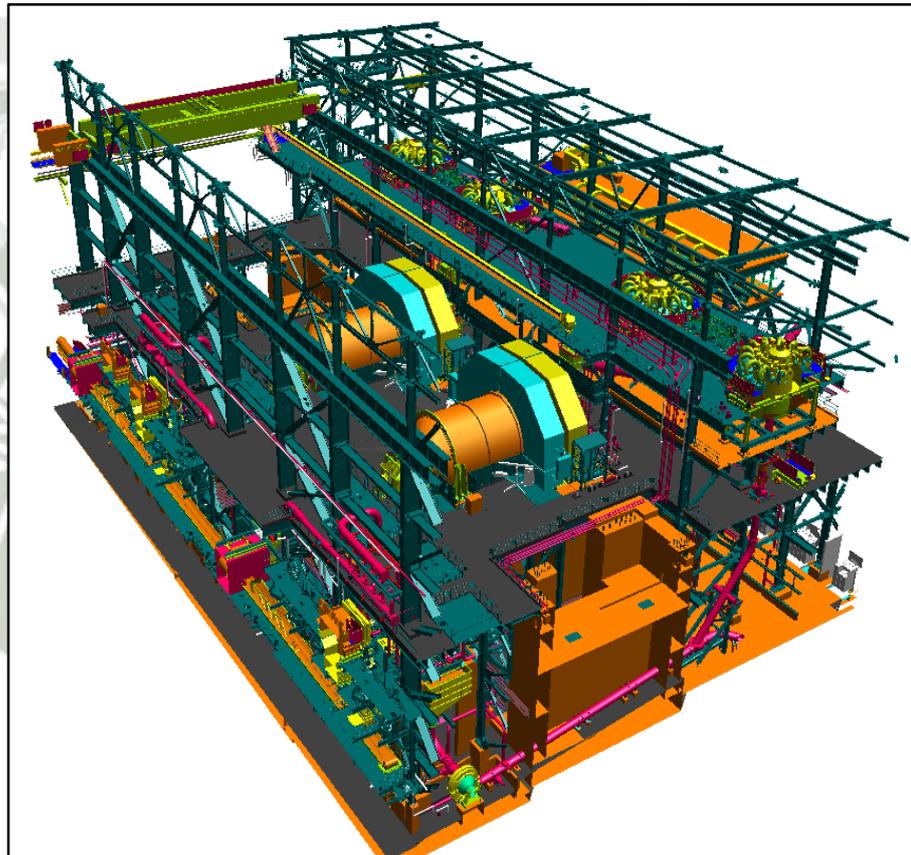
del molino SAG fluirá a través del trommel del molino. El sobretamaño del trommel del molino SAG será separado en un harnero. El aceptado o bajo tamaño del trommel y del harnero será alimentado al cajón de alimentación de los ciclones de molienda.

El rechazo del harnero o pebbles, será llevado por medio de correas transportadoras hasta la pila de almacenamiento de pebbles y desde ahí será alimentado a chancadores de pebbles de tipo cono, para ello se utilizará una correa de alimentación con velocidad variable y dos tolvas por correa para alimentar a cada uno de los chancadores de pebbles. El material chancado será alimentado a los molinos SAG por medio de correas transportadoras.

El producto de los molinos de bolas será bombeado a cuatro baterías de ciclones para su clasificación. Dos baterías de ciclones operarán en un circuito cerrado con un molino de bolas. El rebose de cada ciclón será enviado a un cajón separador estacionario para remover las partículas gruesas de más de 4.0 mm de tamaño y superiores. El producto resultante será enviado al circuito de flotación. El rechazo de un ciclón será retornado hacia el molino de bolas correspondiente. Al molino de bolas se adiciona agua y lechada de cal. La adición de cal hacia el molino de bolas consta de 2 líneas (el operador selecciona una línea) que tienen como objetivo controlar el nivel de pH en el cajón de alimentación a las celdas rougher del área flotación. Adicionalmente se agrega lechada de

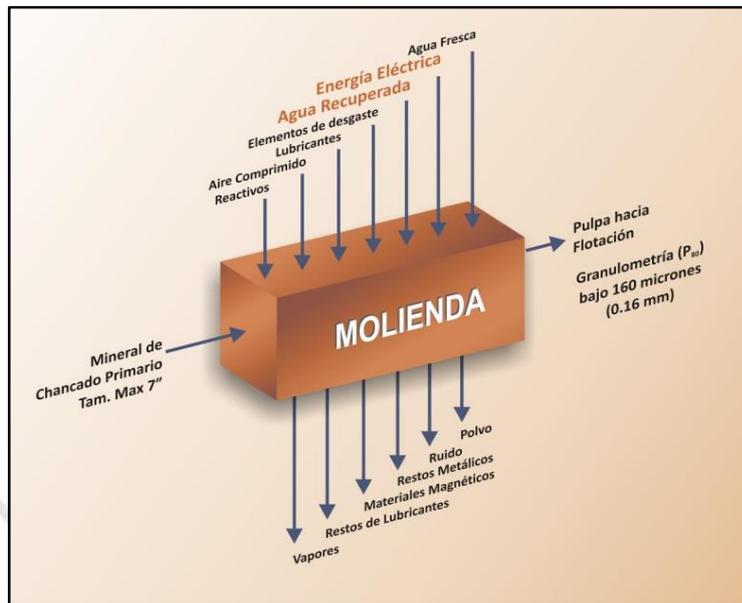
cal en el cajón separador que posee cada ciclón antes de enviar el producto a flotación con el objetivo de controlar el nivel de pH a flotación. Para ello se tiene 2 líneas, el operador selecciona la línea a utilizar para controlar el pH.

Imagen N° 08: Área de molienda y clasificación del mineral.



Fuente: Software Interno de Las bambas

Imagen N° 09: Entradas y salidas del área de molienda.



Fuente: Registro Interno de Las Bambas

a. Equipos Principales

- Alimentadores de mineral
- Correa transportadora de alimentación a molino SAG
- Alimentador rotatorio de bolas
- Correas transportadoras de bolas a molinos bolas
- Compuerta de bolas
- Ventilador túnel
- Supresores de Polvo
- Extractores Túnel
- Molinos SAG
- Harnero Descarga
- Molinos de Bolas

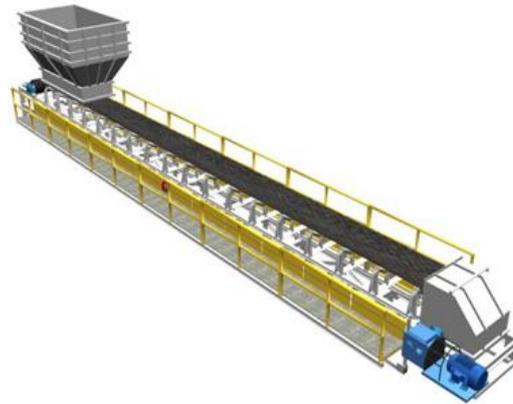
- Bombas de alimentación batería de ciclones
- Baterías de ciclones
- Válvulas de adición de cal a los molinos SAG y Bolas
- Válvulas de adición de agua a los molinos SAG y Bolas
- Válvulas de adición de cal a overflow batería de ciclones
- Válvulas de adición de agua al cajón de alimentación de las baterías de ciclones
- Correa colectora de pebbles
- Electroimanes en correa colectora de pebbles
- Correas de alimentación chancadores Pebbles
- Detectores de metales
- Chancadores de pebbles
- Correa de descarga chancadores de pebbles
- Correa de retorno a molino SAG

b. Definición de los Equipos Principales

- **Faja de Alimentación de Mineral a Molino SAG**

En la imagen N° 10, se muestra la faja transportadora la cual permite la alimentación a la molienda primaria y por la cual se puede saber cuánto es la carga que se va añadiendo al molino.

Imagen N° 10: Faja Transportadora

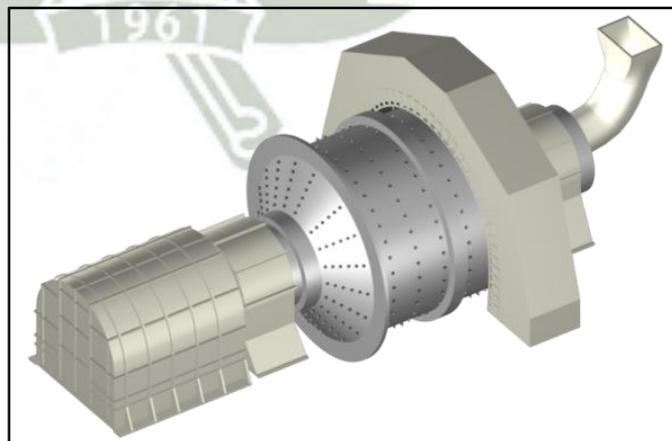


Fuente: Software Interno de Las bombas

➤ **Molino SAG**

El circuito de molienda SAG, consiste en una serie de mecanismos que tienen la finalidad de continuar con la reducción de tamaño del mineral, principalmente por fuerzas de impacto y fricción.

Imagen N° 11: Molino SAG.

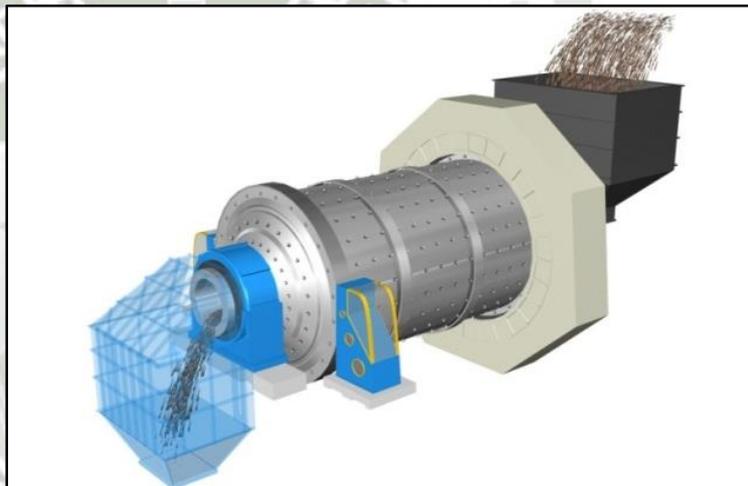


Fuente: Software Interno de Las bombas

➤ Molino de Bolas

El Circuito de Molienda de Bolas es la etapa previa a los procesos de concentración por flotación, por lo tanto, deberá preparar al mineral adecuadamente en características tales como grado de liberación, tamaño de partícula o propiedades superficiales.

Imagen N° 12, Vista de un molino de bolas en funcionamiento.



Fuente: Software Interno de Las bambas

➤ Sistema de Carguío de Bolas

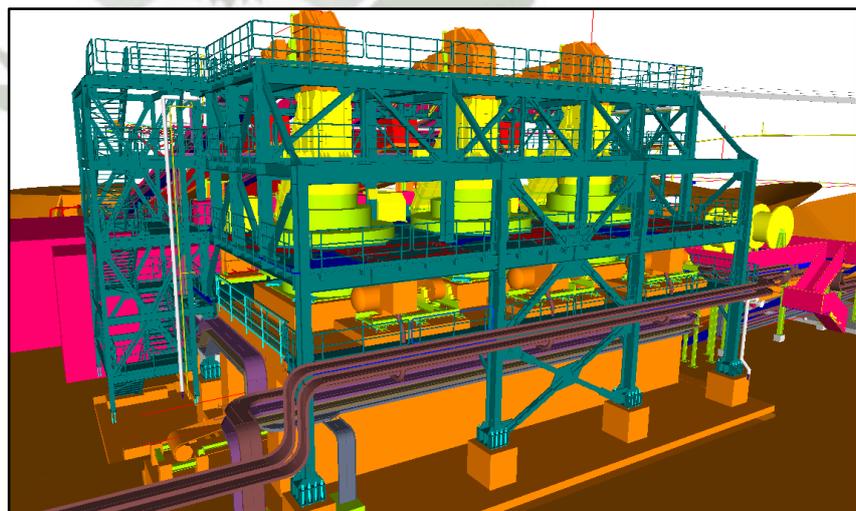
Es un sistema que por medio de tolvas de almacenamiento y fajas transportadoras realiza la carga de bolas a los molinos SAG y de Bolas.

➤ **Chancador de Pebbles**

El Circuito de Chancado Pebbles es el que se encarga por medio de acciones mecánicas de la fragmentación del mineral, reduciéndolo por acción a partículas más pequeñas, de tal forma que pueda ser reincorporado (como carga circulante) al circuito de molienda primaria y procesado nuevamente, obteniendo un incremento de la producción de la molienda.

Cada chancador posee un circuito de protección cuando es detectado un metal. Este consta de un detector de metales, el cual abre una compuerta por un tiempo para que el metal sea desviado y no entre en el chancador. Esta área del proceso será controlada y supervisada desde la Sala de Control Central.

Imagen N° 13. Chancadores de Pebbles.

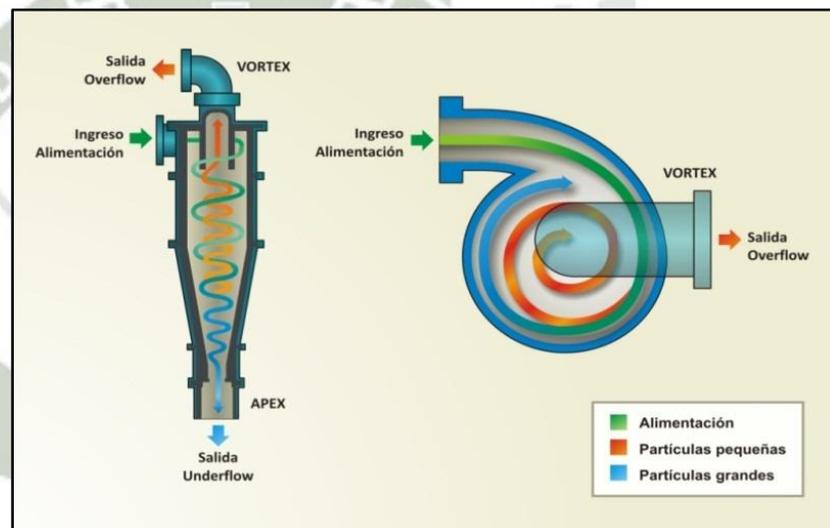


Fuente: Software Interno de Las bambas

➤ **Hidrociclones de Clasificación**

Estos clasifican la pulpa por fuerza centrífuga en gruesos y finos, los finos rebosan (overflow) y son conducidos hacia el área de flotación; mientras que los gruesos descargan (underflow) por gravedad e ingresan a la alimentación de los molinos de bolas.

Imagen N° 14: Funcionamiento del Hidrociclón.



Fuente: Software Interno de Las bombas

2.12.3. Flotación Y Remolienda

La flotación es un proceso fisicoquímico de tres fases (sólido-líquido-gas) que tiene por objetivo la separación de especies minerales mediante la adhesión selectiva de partículas minerales a burbujas de aire.

Los principios básicos en que se fundamenta el proceso de la flotación son los siguientes:

- La hidrofobicidad del mineral que permite la adherencia de las partículas sólidas a las burbujas de aire.
- La formación de una espuma estable sobre la superficie del agua que permite mantener las partículas sobre la superficie.

Para establecer estos principios se requiere la adición de reactivos químicos al sistema. Estos reactivos de flotación son los colectores, depresores, activadores y modificadores, cuyas acciones principales es inducir e inhibir la hidrofobicidad de las partículas y darle estabilidad a la espuma formada.

Los tipos de reactivos utilizados son:

- **Colectores:** inducen la hidrofobicidad en las partículas (xanthato y ditiofosfatos).
- **Espumantes:** reducen el tamaño de las burbujas y otorgan estabilidad a las espumas formadas (aceite de pino, alcoholes).
- **Modificadores:** para controlar el pH del sistema, reducir la hidrofobicidad de las colas, etc. (cal).

Las partículas minerales hidrofóbicas tienen la capacidad de adherirse a la burbuja, en tanto que las hidrofílicas, como la ganga, no se adhieren. La superficie hidrofóbica presenta afinidad por la fase gaseosa y repele la fase líquida, mientras que la superficie hidrofílica tiene afinidad por la fase líquida.

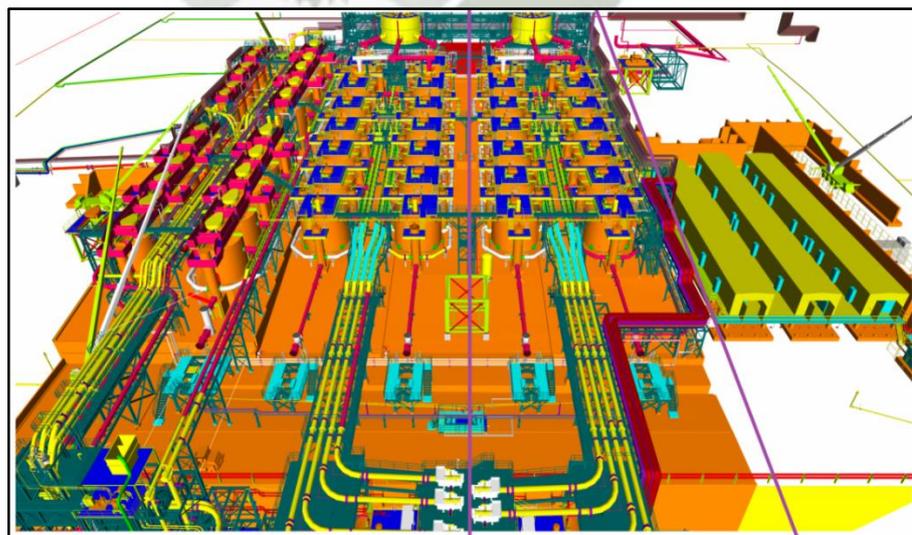
El circuito de flotación de Las Bambas consiste en cuatro filas de siete celdas rougher-scavenger. Las dos primeras celdas de estas filas corresponden a las celdas de tipo rougher y el resto son scavenger (Dos filas por cada molino de bolas), una fila de cinco celdas de primera limpieza, una fila de cinco celdas de limpieza scavenger, una fila de seis celdas de segunda limpieza y una fila de seis celdas de tercera limpieza.

El rebose (concentrado) de las dos celdas rougher de cada fila fluye a una batería de ciclones, las colas de estas alimentan las celdas scavenger. El rebose de las dos primeras celdas scavenger puede ser desviado hacia el concentrado proveniente de las celdas rougher y ser conducido hacia la remolienda rougher o unirse al concentrado scavenger de su fila de flotación.

El underflow de la batería de ciclón del concentrado rougher alimenta el circuito de remolienda rougher que consta de una bomba y un molino IsaMill. La salida del Isamill se une al overflow de la batería de ciclones para luego ser bombeado a la línea de segunda limpieza. En las celdas

scavenger se tendrán el mismo tratamiento de las rougher, el concentrado que se obtiene de estas celdas serán enviados a otra batería de ciclones donde el underflow alimentará a otro molino Isa Mill, la salida de este se une al material overflow de los ciclones y es enviado a las celdas de flotación de primera limpieza. Las colas de las celdas scavenger son enviadas a un cajón para luego ser enviadas al espesador de colas (relave). Las colas de la primera limpieza son enviadas a las celdas de limpieza scavenger y el rebose es enviado a las celdas de segunda limpieza. El rebose de la limpieza scavenger vuelve a la primera limpieza en tanto que las colas de esta se van al cajón de relave. El concentrado que llega a la segunda limpieza se divide en el rebose que pasa a una tercera limpieza y las colas que se devuelven a la primera limpieza. En la tercera limpieza el rebose finalmente fluye hacia el espesador de concentrado mientras que las colas retornan a la segunda limpieza.

Imagen N° 15: Área de flotación.



Fuente: Software Interno de Las bambas

a. Equipos Principales

- Cajón distribuidor
- Celdas Flotación Rougher
- Celdas Flotación Scavenger
- Bombas de alimentación a ciclones desde rougher
- Bombas de alimentación a ciclones desde scavenger
- Batería de ciclones de remolienda rougher
- Batería de ciclones de remolienda scavenger
- Molinos ISA
- Bombas de concentrado Tercera Limpieza
- Celdas de Flotación Primera Limpieza
- Celdas de Flotación Segunda Limpieza
- Celdas de Flotación Tercera Limpieza
- Celdas de Flotación Limpieza Scavenger

b. Definición de los Equipos Principales

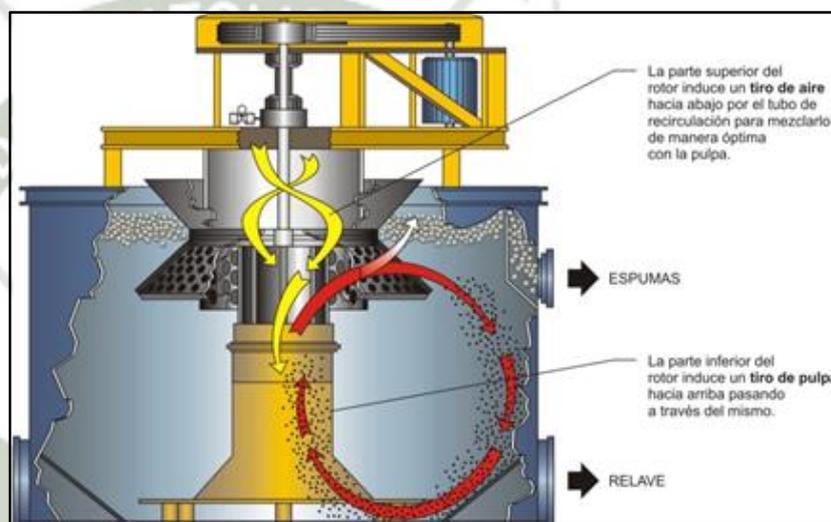
- **Celda de Flotación**

Son equipos mecánicos que cumplen la función de separar de forma eficiente una pulpa previamente acondicionada (overflow de los ciclones) en dos productos: un concentrado y un relave

(colas de la flotación Rougher); poniendo en contacto el mineral, el aire, el agua y los reactivos.

Las celdas de flotación se caracterizan por tener un mecanismo rotor-dispersor, que mantiene la pulpa en suspensión y el aire disperso dentro de ella.

Imagen N° 16: Celda de flotación.



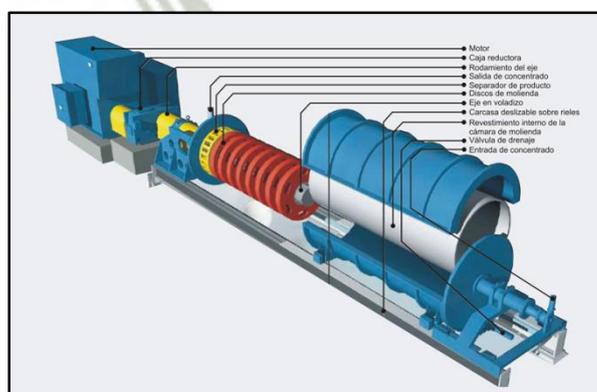
Fuente: Software Interno de Las bambas

➤ Molinos ISA Mill

En este molino se produce una reducción del concentrado, con el fin de continuar con la liberación de partículas valiosas de mineral y mejorar la eficiencia de recuperación de cobre en el siguiente circuito de flotación.

Los discos pueden alcanzar una velocidad periférica de 19 a 22 m/s, los medios de molienda son agitados por los discos para moler el concentrado por fricción y abrasión, esto se produce al hacer contacto entre las bolas de cerámica y el concentrado, luego este concentrado pasa a la zona de descarga donde se encuentra con una malla de clasificación cilíndrico (separador), el cual tiene orificios de descarga por donde sale el concentrado hacia el centro del separador, mientras que los medios de molienda por fuerza centrífuga son empujados hacia el borde interno (carcasa) del molino para posteriormente ser bombeados de retorno hacia el proceso. El molino agita los medios de molienda con discos giratorios desechables revestidos en goma, que están montados en un eje en voladizo, este eje acoplado al motor y a la caja reductora, permite la rápida y sencilla remoción de la cámara de molienda para exponer las partes internas del molino.

Imagen N° 17: Molino de remolienda IsaMill.

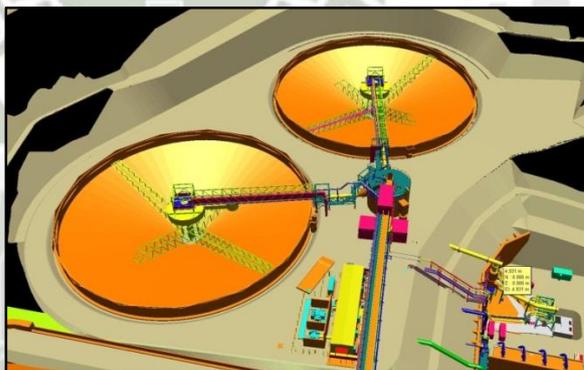


Fuente: Software Interno de Las bombas

2.12.4. Espesamiento De Concentrado Y Etapa De Filtrado

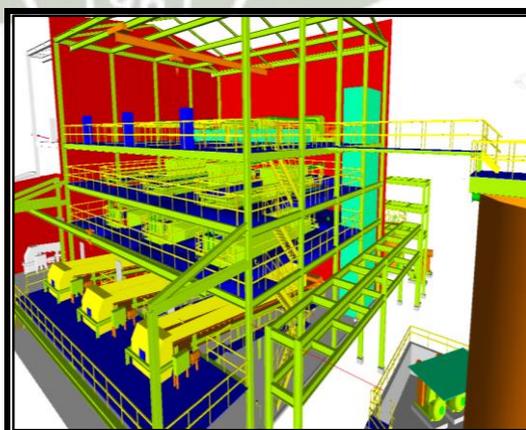
El concentrado de cobre final será enviado al espesador de concentrado. Cuando el underflow del espesador este a 60 % de sólido es bombeado con velocidad variable al área de filtrado y secado. El concentrado pasa por la planta de filtro donde se extrae el agua, luego el producto obtenido se almacena y es trasportado al puerto.

Imagen N° 18: Espesadores de relaves.



Fuente: Software Interno de Las bambas

Imagen N° 19: Planta de filtro.



Fuente: Software Interno de Las bambas

a. Equipos Principales

- Espesador de concentrado
- Filtros
- Bombas underflow de concentrado
- Estanque agua recuperada overflow
- Bombas agua recuperada
- Correa transportadora de Concentrado

b. Definición de los Equipos Principales

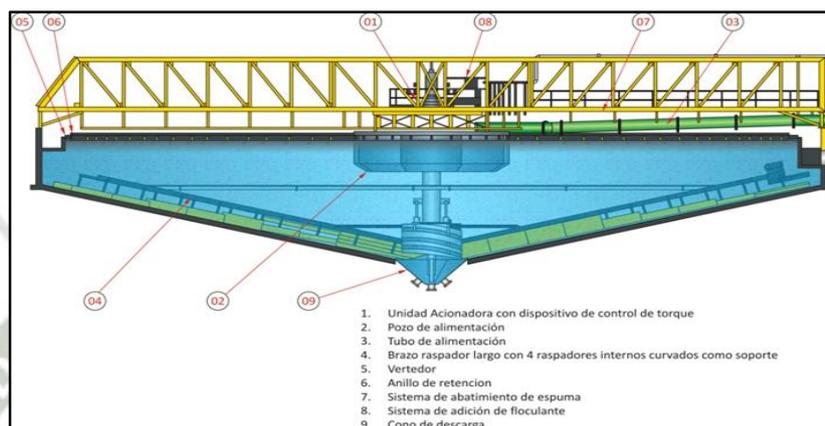
➤ **Espesador de Concentrado**

Un espesador consiste en un tanque cilíndrico de gran diámetro, un mecanismo de rastrillo, un rastrillo, y una estructura de soporte. Al ser operada, el espesador contiene pulpa que pasa por el proceso de sedimentación. La pulpa es alimentada continuamente a la parte superior del tanque espesador cerca del centro.

A medida que la pulpa de alimentación ingresa al espesador, el agua clara empieza a separarse de los sólidos para formar una cama o zona de interface. Los sólidos más gruesos (más pesados) empiezan a asentarse en el espesador, mientras que las

partículas finas tienden a irse hacia el perímetro del tanque espesador, y allí se asientan en la parte inferior. Los sólidos se asientan y compactan para formar una zona de interface o cama.

Imagen N° 20: Vista lateral del Tanque Espesador.



Fuente: Software Interno de Las bombas

2.12.5. Planta De Cal Viva

La Cal deberá estar disponible para la etapa de Molienda y Flotación.

Imagen N° 21: Vista lateral de la Planta de Cal.



Fuente: Software Interno de Las bombas

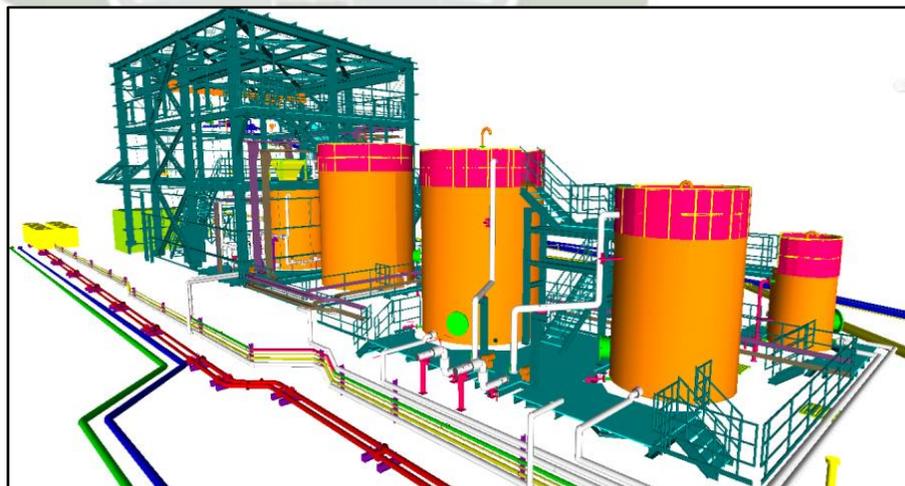
a. Equipos Principales

- Silo de almacenamiento
- Estanque de preparación
- Bombas de transferencia
- Estanque de almacenamiento
- Bombas de circulación

2.12.6. Reactivos Y Floculantes

En esta etapa se preparan los reactivos como el Xanthato que sirve para la etapa de Flotación, y el Floculante que sirve para el espesamiento de cobre o de relaves.

Imagen N° 22: Vista lateral de la Planta de Reactivos y Floculantes.



Fuente: Software Interno de Las bombas

a. Equipos Principales

- Estanques de preparación de floculante
- Estanque de almacenamiento de floculante
- Bombas dosificadoras de floculante
- Estanques de preparación espumante.
- Bombas reactivos transferencia colector secundario
- Bombas de adición y transferencia de espumante
- Bombas de adición de reactivos
- Estanques de almacenamiento Xanthato
- Bombas dosificadoras de Xanthato
- Bombas transferencia Xanthato
- Estanques de reactivos colector secundario
- Bombas dosificadoras colector secundario

2.12.7. Espesamiento De Relaves

El relave será enviado al espesador de relaves. Cuando el underflow del espesador este a 60 % de sólido es bombeado con velocidad variable a la presa de relaves.

a. Equipos Principales

- Cajón distribuidor de alimentación

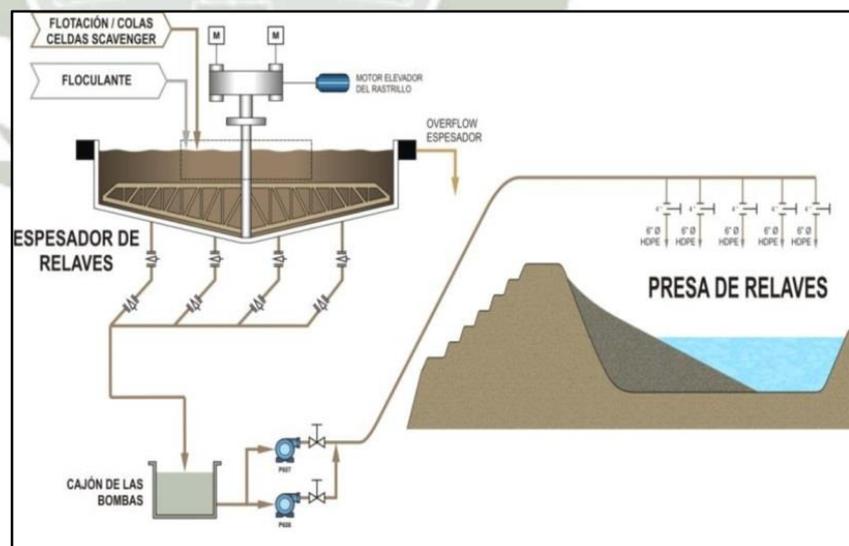
- Espesadores de Relaves
- Estanque de agua recuperada
- Cajón descarga de colas
- Bombas de agua recuperada

b. Definición de los Equipos Principales

➤ **Espesador de Relaves**

Un espesador consiste en un tanque cilíndrico de gran diámetro, un mecanismo de rastrillo, un rastrillo, y una estructura de soporte. Al ser operada, el espesador contiene pulpa que pasa por el proceso de sedimentación.

Imagen N° 23 Vista lateral del Espesamiento de Relaves.



Fuente: Software Interno de Las Bambas

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1. PRE OPERACIÓN

La Pre Operación o Completamiento Mecánico es un proceso que comprende la certificación de las pruebas y chequeos, ejecutados durante la construcción por el contratista responsable de ésta, a través del Grupo de Pre Operación, se realizan pruebas de energización y arranque local de los equipos de la planta que comprenden un proyecto.

El número y alcance de estas pruebas son definidas por el Grupo de Comisionamiento al inicio de la construcción, en la “Matriz de Certificación de Pre Operación”, basadas en la ingeniería del proyecto.

En esta etapa se pueden probar los equipos individualmente, sin una secuencia lógica de funcionamiento, caracterizada principalmente por las pruebas en vacío de los equipos.

Una vez que se tienen los certificados de todas las pruebas, se formaliza con la entrega del dossier al Grupo de Comisionamiento.

3.1.1. Funciones

Se llevan a cabo funciones muy importantes:

- Recibir y revisar el dossier de construcción.
- Participar en la elaboración de los listados de pendientes, para llegar al completamiento mecánico de cada sistema y hacer un seguimiento al cierre de estos pendientes hasta tener a una planta íntegra y segura.
- Realizar pruebas en vacío; energización y arranque local de los equipos de la planta.
- Por último, el Grupo de Pre Operaciones formaliza su labor, haciendo entrega del dossier de completamiento mecánico al Grupo de Comisionamiento.

3.2. COMISIONAMIENTO Y PUESTA EN MARCHA

El Comisionamiento y Puesta en Marcha es un proceso que se inicia con la aceptación del Completamiento Mecánico, entregado por Pre Operaciones, y comprende la realización de pruebas de funcionamiento y comunicaciones bajo condiciones simuladas, las pruebas Pre Arranque y las pruebas Operacionales.

Esta etapa es caracterizada principalmente por las pruebas con Mineral que se hacen a los equipos de la planta, midiendo y protocolizando los valores que se quieren alcanzar y para los cuales fueron diseñados.

3.2.1. Funciones

Este proceso tiene las siguientes actividades principales:

➤ **Pruebas de funcionalidad**

Son las comprendidas en el alcance del equipo de Comisionamiento y Puesta en Marcha para el Proyecto. Se orientan a verificar la funcionalidad de los sistemas para asegurar que se preserve en la operación la integridad técnica de los mismos. Algunas requieren de energización y/o introducción de fluidos de operación en los sistemas. Para este último caso, se contará con la colaboración del Grupo de Operaciones, para operar las válvulas que permiten la entrada de los fluidos de operación al sistema.

➤ **Función operativa:**

Para las válvulas, instrumentación de control y shut-down, transformadores, equipos eléctricos, cableado, etc.

➤ **Verificaciones dinámicas:**

Para chequear el correcto desempeño de los elementos o funciones eléctricas, de instrumentación y control de los equipos (sistemas y subsistemas) que hacen parte de una planta. La energización de la red de distribución eléctrica es la primera fase de esta actividad.

- La preparación mecánica y la corrida de equipos y pruebas en línea por un periodo de tiempo suficiente de los sistemas utilitarios de la facilidad.
- Las actividades relacionadas con la preparación de las líneas o equipos para la introducción de gas o hidrocarburos, tales como: secado, leak-test, inertización, limpieza química, carga de químicos.
- Las actividades de arranque y puesta en marcha de los sistemas utilitarios están incluidas dentro de actividades de Comisionamiento y Puesta en Marcha.

➤ **Seguimiento y cierre de pendientes**

Participación en la elaboración de los listados de pendientes, para llegar al completamiento mecánico de cada sistema y seguimiento al cierre de estos pendientes hasta llegar a una planta íntegra y segura.

Una vez terminadas las actividades de Comisionamiento y Puesta en Marcha, la planta alcanza el estado “LISTO PARA OPERAR”. En este punto, se formaliza la entrega de la planta por medio de la entrega y firma del dossier, con el cual se transfiere la responsabilidad de la planta al Grupo de Operaciones.

3.3. PLANTA CONCENTRADORA

Se denomina Planta Concentradora a una planta de procesamiento de mineral de cobre que tiene como finalidad su procesamiento en varias etapas hasta obtener Concentrado de este metal. Este Concentrado es luego procesado en fundiciones o plantas químicas para obtener cobre en la forma de barras o lingotes.

3.3.1. Procesos desarrollados en una Planta Concentradora

Para lograr el convertir el mineral obtenido de la mina desde la forma de rocas hasta llegar a Concentrado, este es tratado y clasificado en varias etapas mediante una serie de equipos que van reduciendo el tamaño de las rocas de mineral, mediante un proceso que se denomina Conminución, para luego someterlo a un proceso denominado Flotación.

a. Conminución

Es una etapa en que mediante aplicación de fuerzas físicas se disminuye el tamaño de las rocas de mineral. Para esto se emplean distintos tipos

de equipos, entre los que se encuentran principalmente los de dos tipos:
Chancadores y Molinos.

➤ Tipos de chancadores o trituradores:

- Chancadores de Mandíbula
- Chancadores de Impacto
- Chancadores de Martillos
- Chancadores de Cono

➤ Tipos de Molinos

- Molinos de Bolas
- Molino SAG o semiautógeno
- Molino Vertical
- Molino Raymond

➤ Otros equipos

- Chancadores HPGR (High Pressure Grinding Rolls)

b. Flotación

En esta etapa, al mineral se le adiciona agua y otros compuestos que hacen que se adhiera a burbujas que flotan sobre esta, para luego

recolectarlas por rebalse y en varias etapas ir aumentando la concentración de este metal.

c. Espesaje

Luego a la pulpa resultante se le reduce sucesivamente la cantidad de agua mediante un proceso denominado espesaje, el que además permite recuperar parte del agua adicionada para su reutilización. Otra parte del agua pasa a constituir lo que se denomina relaves, los que al no poder ser empleados nuevamente son almacenados en tranques de relaves para su disposición final.

d. Filtrado

Finalmente el agua restante se extrae del Concentrado mediante el empleo de filtros de prensa. El Concentrado queda así reducido a un polvo grisáceo muy fino.

(Kennecott Utah Copper Mine, 2004)

3.4. COBRE

El cobre, del latín cuprum, y éste del griego kypros (*Joan Corominas, 1987*), cuyo símbolo es Cu, es el elemento químico de número atómico 29. Se trata de un

metal de transición de color rojizo y brillo metálico que, junto con la plata y el oro, forma parte de la llamada familia del cobre, se caracteriza por ser uno de los mejores conductores de electricidad (el segundo después de la plata). Gracias a su alta conductividad eléctrica, ductilidad y maleabilidad, se ha convertido en el material más utilizado para fabricar cables eléctricos y otros componentes eléctricos y electrónicos.

El cobre es el tercer metal más utilizado en el mundo, por detrás del hierro y el aluminio. La producción mundial de cobre refinado se estimó en 15,8 Mt en el 2006, con un déficit de 10,7 % frente a la demanda mundial proyectada de 17,7 Mt (*Cochilco Chile, 2008*). Los pórfidos cupríferos constituyen la principal fuente de extracción de cobre en el mundo. (*Robb, Laurence, 2007*)

3.4.1. Propiedades y Características del Cobre

a. Propiedades físicas

El cobre posee varias propiedades físicas que propician su uso industrial en múltiples aplicaciones, siendo el tercer metal, después del hierro y del aluminio, más consumido en el mundo. Es de color rojizo y de brillo metálico y, después de la plata, es el elemento con mayor conductividad eléctrica y térmica. Es un material abundante en la naturaleza; tiene un precio accesible y se recicla de forma indefinida;

forma aleaciones para mejorar las prestaciones mecánicas y es resistente a la corrosión y oxidación.

(Copper Development Association, 2006)

b. Propiedades mecánicas

Tanto el cobre como sus aleaciones tienen una buena maquinabilidad, es decir, son fáciles de mecanizar. El cobre posee muy buena ductilidad y maleabilidad lo que permite producir láminas e hilos muy delgados y finos. Es un metal blando; admite procesos de fabricación de deformación como laminación o forja, y procesos de soldadura y sus aleaciones adquieren propiedades diferentes con tratamientos térmicos como temple y recocido. En general, sus propiedades mejoran con bajas temperaturas lo que permite utilizarlo en aplicaciones criogénicas.

c. Características químicas

En la mayoría de sus compuestos, el cobre presenta estados de oxidación bajos. Expuesto al aire, el color rojo salmón, inicial se torna rojo violeta por la formación de óxido cuproso (Cu_2O) para ennegrecerse posteriormente por la formación de óxido cúprico (CuO).

(Cobre y compuestos, 2008)

Expuesto largo tiempo al aire húmedo, forma una capa adherente e impermeable de carbonato básico (carbonato cúprico) de color verde y venenoso. También pueden formarse pátinas de cardenillo, una mezcla venenosa de acetatos de cobre de color verdoso o azulado que se forma cuando los óxidos de cobre reaccionan con ácido acético, que es el responsable del sabor del vinagre y se produce en procesos de fermentación acética. Al emplear utensilios de cobre para la cocción de alimentos, deben tomarse precauciones para evitar intoxicaciones por cardenillo que, a pesar de su mal sabor, puede ser enmascarado con salsas y condimentos y ser ingerido. (*Cobre y sus aleaciones, 2008*)

Los halógenos atacan con facilidad al cobre, especialmente en presencia de humedad. En seco, el cloro y el bromo no producen efecto y el flúor solo le ataca a temperaturas superiores a 500 °C. El cloruro cuproso y el cloruro cúprico, combinados con el oxígeno y en presencia de humedad producen ácido clorhídrico, ocasionando unas manchas de atacamita o paratacamita, de color verde pálido a azul verdoso, suaves y polvorientas que no se fijan sobre la superficie y producen más cloruros de cobre, iniciando de nuevo el ciclo de la erosión. (*Denarios, 2004*)

Los ácidos oxácidos atacan al cobre, por lo cual se utilizan estos ácidos como decapantes (ácido sulfúrico) y abrillantadores (ácido nítrico). El ácido sulfúrico reacciona con el cobre formando un sulfuro, CuS (covelina) o Cu₂S (calcocita) de color negro y agua. También pueden

formarse sales de sulfato cúprico (antlerita) con colores de verde a azul verdoso. Estas sales son muy comunes en los ánodos de los acumuladores de plomo que se emplean en los automóviles. (*Denarios, 2004*)

El ácido cítrico disuelve el óxido de cobre, por lo que se aplica para limpiar superficies de cobre, lustrando el metal y formando citrato de cobre. Si después de limpiar el cobre con ácido cítrico, se vuelve a utilizar el mismo paño para limpiar superficies de plomo, el plomo se bañará de una capa externa de citrato de cobre y citrato de plomo con un color rojizo y negro.

d. Propiedades biológicas

En las plantas, el cobre posee un importante papel en el proceso de la fotosíntesis y forma parte de la composición de la plastocianina. Alrededor del 70 % del cobre de una planta está presente en la clorofila, principalmente en los cloroplastos. Los primeros síntomas en las plantas por deficiencia de cobre aparecen en forma de hojas estrechas y retorcidas, además de puntas blanquecinas. Las panículas y las vainas pueden aparecer vacías por una deficiencia severa de cobre, ocasionando graves pérdidas económicas en la actividad agrícola. (*FAO, 2007*)

El cobre contribuye a la formación de glóbulos rojos y al mantenimiento de los vasos sanguíneos, nervios, sistema inmunitario y huesos y por tanto es esencial para la vida humana. El cobre se encuentra en algunas enzimas como la citocromo c oxidasa, la lisil oxidasa y la superóxido dismutasa. (*Enciclopedia de Ciencia y Técnica, 1984*)

El desequilibrio de cobre en el organismo cuando se produce en forma excesiva ocasiona una enfermedad hepática conocida como enfermedad de Wilson, el origen de esta enfermedad es hereditario, y aparte del trastorno hepático que ocasiona también daña al sistema nervioso. Se trata de una enfermedad poco común. (*Medline Plus, 2008*)

Puede producirse deficiencia de cobre en niños con una dieta pobre en calcio, especialmente si presentan diarreas o desnutrición. También hay enfermedades que disminuyen la absorción de cobre, como la enfermedad celiaca, la fibrosis quística o al llevar dietas restrictivas. (*Medline Plus, 2008*)

El cobre se encuentra en una gran cantidad de alimentos habituales de la dieta tales como ostras, mariscos, legumbres, vísceras y nueces entre otros, además del agua potable y por lo tanto es muy raro que se produzca una deficiencia de cobre en el organismo.

3.4.2. Aplicaciones y Usos del Cobre

Ya sea considerando la cantidad o el valor del metal empleado, el uso industrial del cobre es muy elevado. Es un material importante en multitud de actividades económicas y ha sido considerado un recurso estratégico en situaciones de conflicto.

a. Cobre Metálico

El cobre se utiliza tanto con un gran nivel de pureza, cercano al 100 %, como aleado con otros elementos. El cobre puro se emplea principalmente en la fabricación de cables eléctricos.

➤ **Electricidad y telecomunicaciones**

El cobre es el metal no precioso con mejor conductividad eléctrica. Esto, unido a su ductilidad y resistencia mecánica, lo han convertido en el material más empleado para fabricar cables eléctricos, tanto de uso industrial como residencial. Asimismo se emplean conductores de cobre en numerosos equipos eléctricos como generadores, motores y transformadores. La principal alternativa al cobre en estas aplicaciones es el aluminio.

También son de cobre la mayoría de los cables telefónicos, los cuales además posibilitan el acceso a Internet. Las principales alternativas al cobre para telecomunicaciones son la fibra óptica y los sistemas inalámbricos. Por otro lado, todos los equipos informáticos y de telecomunicaciones contienen cobre en mayor o menor medida, por ejemplo en sus circuitos integrados, transformadores y cableado interno. (*International Copper Study Group, 2007*)

➤ **Medios de transporte**

El cobre se emplea en varios componentes de coches y camiones, principalmente los radiadores (gracias a su alta conductividad térmica y resistencia a la corrosión), frenos y cojinetes, además naturalmente de los cables y motores eléctricos. Un coche pequeño contiene en total en torno a 20 kg de cobre, subiendo esta cifra a 45 kg para los de mayor tamaño. (*International Copper Study Group, 2007*)

También los trenes requieren grandes cantidades de cobre en su construcción: 1 - 2 toneladas en los trenes tradicionales y hasta 4 toneladas en los de alta velocidad. Además las catenarias contienen unas 10 toneladas de cobre por kilómetro en las líneas de alta velocidad.

Por último, los cascos de los barcos incluyen a menudo aleaciones de cobre y níquel para reducir el ensuciamiento producido por los seres marinos.

➤ **Construcción y ornamentación**

Una gran parte de las redes de transporte de agua están hechas de cobre o latón (*Manual de fontanería Ma, 2007,*) debido a su resistencia a la corrosión y sus propiedades anti-bacterianas, habiendo quedado las tuberías de plomo en desuso por sus efectos nocivos para la salud humana. Frente a las tuberías de plástico, las de cobre tienen la ventaja de que no arden en caso de incendio y por tanto no liberan humos y gases potencialmente tóxicos. (*International Copper Study Group, 2007*)

El cobre y, sobre todo, el bronce se utilizan también como elementos arquitectónicos y revestimientos en tejados, fachadas, puertas y ventanas. El cobre se emplea también a menudo para los pomos de las puertas de locales públicos, ya que sus propiedades anti-bacterianas evitan la propagación de epidemias. (*International Copper Study Group, 2007*)

➤ **Monedas**

Desde el inicio de la acuñación de monedas en la Edad Antigua el cobre se emplea como materia prima de las mismas, a veces puro y, más a menudo, en aleaciones como el bronce y el cuproníquel.

➤ **Otras aplicaciones**

El cobre participa en la materia prima de una gran cantidad de diferentes y variados componentes de todo tipo de maquinaria, tales como casquillos, cojinetes, embellecedores, etc. Forma parte de los elementos de bisutería, bombillas y tubos fluorescentes, calderería, electroimanes, monedas, instrumentos musicales de viento, microondas, sistemas de calefacción y aire acondicionado. El cobre, el bronce y el latón son aptos para tratamientos de galvanizado para cubrir otros metales.

b. Cobre no metálico

El sulfato de cobre también conocido como sulfato cúprico es el compuesto de cobre de mayor importancia industrial y se emplea como abono y pesticida en agricultura, alguicida en la depuración del agua y como conservante de la madera.

El sulfato de cobre está especialmente indicado para suplir funciones principales del cobre en la planta, en el campo de las enzimas: oxidasas del ácido ascórbico, polifenol, citocromo, etc. También forma parte de la plastocianina contenida en los cloroplastos y que participa en la cadena de transferencia de electrones de la fotosíntesis. Su absorción se realiza mediante un proceso activo metabólicamente. Prácticamente no es afectado por la competencia de otros cationes pero, por el contrario, afecta a los demás cationes. Este producto puede ser aplicado a todo tipo de cultivo y en cualquier zona climática en invernaderos.

(Agrosagi, 2007)

Para la decoración de azulejos y cerámica, se realizan vidriados que proporcionan un brillo metálico de diferentes colores. Para decorar la pieza una vez cocida y vidriada, se aplican mezclas de óxidos de cobre y otros materiales y después se vuelve a cocer la pieza a menor temperatura. Al mezclar otros materiales con los óxidos de cobre pueden obtenerse diferentes tonalidades. Para las decoraciones de cerámica, también se emplean películas metálicas de plata y cobre en mezclas coloidales de barnices cerámicos que proporcionan tonos parecidos a las irisaciones metálicas del oro o del cobre. *(Asociación Cultural Nueva Acrópolis en Córdoba, 2008)*

3.5. ESTANDARIZACIÓN DE PROCESOS

La estandarización de procesos, hoy en día es una herramienta que genera una ventaja competitiva para muchas organizaciones. Las exigencias que impone el mercado globalizado, han hecho cambiar la visión del mundo y de los negocios.

La competitividad extrema, en la que no existen distancias ni fronteras y el hecho de que la información, ha dejado de ser resguardo seguro en sus organizaciones, para estar al alcance de todos, provoca una enorme presión sobre las mismas, que deben flexibilizarse y encontrar nuevos mecanismos para afrontar las presiones, para innovar.

El objetivo de crear e implementar una estrategia de estandarización es fortalecer la habilidad de la organización para agregar valor. El enfoque básico es empezar con el proceso tal y como se realiza en el presente, crear una manera de compartirlo, documentarlo y utilizar lo aprendido.

3.5.1. Pasos a Seguir

a. Describir el proceso actual

El objetivo es describir como se realiza en el presente el proceso, no como debería realizarse. En algunas ocasiones la mejor opción es que una sola persona lo describa, en otras puede ser más efectivo,

involucrar a todo el equipo. Los empleados pueden, por ejemplo, describir como realizan cada paso; o pueden observar como realiza el proceso el que mejor lo hace. Es conveniente utilizar diagramas de flujo, fotografías o dibujos que describan el proceso.

b. Planear una prueba del proceso

Crear un equipo que realice una prueba del proceso, realizarlo como actualmente se aplica. Para este paso, se requiere decidir algunas de las siguientes cuestiones:

- ¿Cuánta gente se involucrará en la prueba? Si son pocas personas las que elaboran el proceso, es conveniente involucrarlas a todas. Si son muchos los que realizan el proceso, hay que seleccionar a los que más lo dominen.
- ¿Cómo serán entrenados los participantes? ¿Quién los entrenará?
- ¿Cómo registrarán los participantes sus progresos? ¿Cómo sabrán que funciona y que no?
- ¿Cómo se documentarán el proceso y los cambios que se le hagan?
¿Cómo se mantendrá actualizada la documentación?

c. Ejecutar y monitorear la prueba

Requiere recolectar información y obtener ideas de todo el equipo para implementar mejora el proceso en cuestión. Pueden centrarse en algunas de las siguientes cuestiones:

- ¿Hay instrucciones poco claras o innecesarias?
- ¿Cuáles son los problemas que ocurren?
- ¿Qué cosas ocurren que no están descritas en el diagrama del proceso?
- ¿Han mejorado los resultados? ¿Se ha reducido la variación en el proceso? ¿Podría reducirse más?

d. Revisar el Proceso

Utilizar la información que se ha obtenido para mejorar el proceso. Simplificar la documentación, tratando de mantenerla lo más simple y gráfica posible. Detectar formas de probar o ensayar el proceso y enfatizar los aspectos claves de él.

e. Difundir el uso del proceso una vez revisado

Si solo unas cuantas personas fueron involucradas en la prueba del proceso, se requiere difundir el uso del nuevo proceso a los demás.

f. Mantener y mejorar el proceso

Asegúrate que todos utilizan el proceso mejorado; anímalos a buscar nuevas mejoras en él. Desarrolla métodos para capturar, probar e implementar las ideas de la gente. Desarrolla procedimientos para revisar sistemáticamente el proceso y mejorarlo por lo menos cada 6 meses. Mantén los documentos actualizados y asegúrate de que son usados, particularmente para entrenar a los nuevos empleados.

(e-ngeniium, 2009)

3.6. EFICIENCIA

Según el Diccionario de la Real Academia Española, eficiencia (del latín *efficientia*) es 'la capacidad de describir a una persona eficaz de disponer de alguien o de algo para conseguir un efecto determinado' (*Diccionario de la lengua española, 2014*). No debe confundirse con eficacia, que se define como 'la capacidad de lograr el efecto que se desea o se espera'. (*Diccionario de la lengua española, 2014*)

En física, la eficiencia o rendimiento de un proceso o de un dispositivo es la relación entre la energía útil y la energía invertida.

En economía, la eficiencia es la cantidad mínima de inputs (horas-hombre, capital invertido, materias primas, etc.) para obtener un nivel o grado de datos de outputs (ganancias, objetivos cumplidos, productos, etc.). Actualmente, este concepto suele aplicarse a través de metodologías de frontera como el análisis DEA (Data Envelopment Analysis). Entre las diversas aplicaciones y estudios disponibles en el tema se encuentran los realizados por Suisiluoto (2001), y Loikkanen (2002) en Finlandia para un estudio de regiones; los de Giménez (2003) en España en gastronomía y Arieu (2004) en Argentina en la industria portuaria.

En administración (management) se puede definir la eficiencia como la relación entre los recursos utilizados en un proyecto y los logros conseguidos con el mismo. Se entiende que la eficiencia se da cuando se utilizan menos recursos para lograr un mismo objetivo. O al contrario, cuando se logran más objetivos con los mismos o menos recursos.

En Fundamentos de los sistemas de información, eficacia es conseguir algo y eficiencia, conseguirlo y a tiempo.

Puedes trabajar muy rápido, pero quizás no estés haciendo las cosas bien. Ejemplo: un grupo de trabajadores estaba podando árboles para hacer un camino, hasta que el jefe les dijo: “está perfecto, pero era para el otro lado”.

Respecto a la eficacia, se puede definir como el nivel de consecución de metas y objetivos. La eficacia hace referencia a la capacidad de la persona para lograr lo que se propone.

Eficaz: hacer las cosas bien, con los mejores métodos posibles para lograr el objetivo. A veces se suele confundir la eficiencia con la eficacia, y se les da el mismo significado; y la realidad es que existe una gran diferencia entre ser eficiente y ser eficaz.

Ejemplo: se es eficaz si nos hemos propuesto construir un edificio en un mes y lo logramos. Fuimos eficaces, alcanzamos la meta.

La eficacia difiere de la eficiencia en el sentido que la eficiencia hace referencia en la mejor utilización de los recursos, en tanto que la eficacia hace referencia en la capacidad para alcanzar un objetivo, aunque en el proceso no se haya hecho el mejor uso de los recursos.

Se puede ser eficiente sin ser eficaz y se puede ser eficaz sin ser eficiente. Lo ideal sería ser eficaz y, a la vez, ser eficiente.

Se puede dar el caso de que se alcanzó la meta de construir una autopista en un semana tal como se había previsto (se fue eficaz), pero para poder construir la autopista se utilizaron más recursos de lo normal (no se fue eficiente).

Caso contrario: se utilizaron un 10% menos de los recursos previstos para construir la autopista, pero no se logró terminar en una semana (se fue eficiente, pero no eficaz).

Lo ideal sería construir la autopista en una semana y utilizar no más del 100 % de los recursos previstos. En este caso se sería tanto eficaz como eficiente.

En estadística, la eficiencia de un estimador es una media de su varianza.

En diagnóstico, representa el porcentaje de la población que se clasifica correctamente tras una prueba.

3.7. PRODUCTIVIDAD

La productividad es la relación entre la cantidad de productos obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción. También puede ser definida como la relación entre los resultados y el tiempo utilizado para obtenerlos: cuanto menor sea el tiempo que lleve obtener el resultado deseado, más productivo es el sistema. En realidad la productividad debe ser definida como el indicador de eficiencia que relaciona la cantidad de recursos utilizados con la cantidad de producción obtenida. (Fernando Casanova, 2002)

3.7.1. Características generales

La productividad evalúa la capacidad de un sistema para elaborar los productos que son requeridos y a la vez el grado en que aprovechan los recursos utilizados, es decir, el valor agregado. Una mayor productividad utilizando los mismos recursos o produciendo los mismos bienes o servicios resulta en una mayor rentabilidad para la empresa. Por ello, el Sistema de gestión de la calidad de la empresa trata de aumentar la productividad. La productividad tiene una relación directa con la mejora continua del sistema de gestión de la calidad y gracias a este sistema de calidad se puede prevenir los defectos de calidad del producto y así mejorar los estándares de calidad de la empresa sin que lleguen al usuario final. La productividad va en relación con los estándares de producción. Si se mejoran estos estándares, entonces hay un ahorro de recursos que se reflejan en el aumento de la utilidad.

3.7.2. Desarrollo de la productividad en las empresas

El término de productividad global es un concepto que se utiliza en las grandes empresas y organizaciones para contribuir a la mejora de la productividad mediante el estudio y discusión de los factores determinantes de la productividad y de los elementos que intervienen en la misma.

3.7.3. Tipos de productividad

Aunque el término productividad tiene distintos tipos de conceptos básicamente se consideran tres: como productividad laboral, como productividad total de los factores y como productividad marginal.

a. Productividad laboral

La productividad laboral o productividad por hora trabajada, se define como el aumento o disminución de los rendimientos en función del trabajo necesario para el producto final.

b. Productividad total de los factores.

La productividad total de los factores (PTF) se define como el aumento o disminución de los rendimientos en la variación de cualquiera de los factores que intervienen en la producción: trabajo, capital o técnica, entre otros.

Se relaciona con el rendimiento del proceso económico medido en unidades físicas o monetarias, por relación entre factores empleados y productos obtenidos. Es uno de los términos que define el objetivo del subsistema técnico de la organización. La productividad en las

máquinas y equipos está dada como parte de sus características técnicas.

c. Productividad marginal

También conocida como "producto marginal" del insumo, es "el producto adicional que se fabrica con una unidad adicional de ese insumo mientras que los otros insumos permanecen constantes".

(Samuelson y Nordhaus. 2005)

La Ley de los rendimientos decrecientes tiene un rol fundamental en la productividad al factor, pues indica que la productividad marginal de cada factor disminuye a medida que más unidades de éste se agregan al proceso de producción (dejando el resto de los factores productivos en una cantidad constante). De ésta manera un exceso de la cantidad óptima de un factor productivo puede resultar incluso en un decrecimiento de la productividad total.

3.7.4. Factores que influyen en la productividad

Además de la relación de cantidad producida por recursos utilizados, en la productividad entran a juego otros aspectos muy importantes como:

- **Calidad:** La calidad del producto y del proceso se refiere a que un producto se debe fabricar con la mejor calidad posible según su precio y se debe fabricar bien a la primera, o sea, sin re-procesos.
- **Productividad = Salida/ Entradas.** Es la relación de eficiencia del sistema, ya sea de la mano de obra o de los materiales.
- **Entradas:** Mano de Obra, Materia prima, Maquinaria, Energía, Capital, Capacidad técnica.
- **Salidas:** Productos o servicios.
- Misma entrada, salida más grande
- Entrada más pequeña misma salida
- Incrementar salida disminuir entrada
- Incrementar salida en mayor proporción que la entrada
- Disminuir la salida en forma menor que la entrada

3.7.5. Mejora de la productividad

La mejora de la productividad se obtiene innovando en:

- **Tecnología:** Su mejora resulta en un aumento de la producción marginal del factor que experimentó el avance tecnológico. De esta manera se puede aumentar la producción total sin gastar más recursos en la implementación de otros insumos.
- **Organización:** Una organización adecuada aumenta la eficiencia de los procesos, al hacer que todos los factores funcionen dentro de un

sistema que establece roles específicos para cada uno. De esta manera las distintas partes no se estorbarán entre sí y sabrán cómo y cuándo actuar teniendo en cuenta lo que el resto hace.

- **Recursos humanos:** Bienestar. Mientras más satisfechas se sientan las personas que trabajan dentro de un proceso productivo mayor será su rendimiento.
- **Relaciones laborales:** Trabajo en equipo armónico y sincronizado en condiciones ambientalmente favorables, manteniendo valores como el respeto, servicio, entre otros.
- **Condiciones de trabajo:** Es necesario que cada trabajador cuente con las herramientas necesarias para realizar su trabajo eficientemente, al haber carencias entonces la productividad se verá afectada pues habrá una parte de la tarea que no se podrá cumplir por deficiencias técnicas. Además es necesario asegurarse de mantener a los trabajadores en condiciones de trabajo dignas en cuanto a sanidad, seguridad y jornadas de descanso de manera de no denigrar su fuente de ingresos y cumplir también con las leyes locales en cuanto a estos temas.
- **Calidad**

(Leonard Mertens, 1998)

CAPÍTULO IV

PROPUESTAS E INFORME DE EXPERIENCIA PROFESIONAL

4.1. LA LABOR PROFESIONAL DEL AUTOR DE ESTE INFORME

En el Cargo de Coordinador de Puesta en Marcha, cumplo las funciones de:

- Desarrollo del Plan de Ejecución de Comisionamiento y Puesta en Marcha.
- Desarrollo de Procedimientos de Comisionamiento y Puesta en Marcha.
- Elaboración de Cronogramas de Comisionamiento y Puesta en Marcha.
- Coordinación, control y realización de entregas a Operaciones.
- Organización y Control documentario (Planos, Manuales, Data Sheet, etc.) para el Comisionamiento y Puesta en Marcha.
- Soporte a las distintas disciplinas (eléctrica, instrumentación y mecánica).

4.2. LA SITUACIÓN DE LA EMPRESA LAS BAMBAS MINING COMPANY S.A. PREVIA A LA IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS.

Las Bambas Mining Company S.A. es una empresa que está desarrollando proyectos mineros, en la que se está construyendo la planta concentradora de Las Bambas para el procesamiento de Concentrado de cobre; siendo esta una planta nueva, no se puede medir la productividad de la misma.

4.3. IMPLEMENTACIÓN DE ACCIONES DE MEJORARA

4.3.1. Implementación de procedimientos

Como acción de mejora se ha definido la implementación de procedimientos de Comisionamiento y Puesta en Marcha para lograr un mejor desarrollo de arranque de la planta concentradora.

Se implementarán diez procedimientos de arranque, que serán los siguientes:

PROCEDIMIENTO N° 1

PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE CON CARGA DE CHANCADOR PRIMARIO A STOCK PILE

Alcance

Este procedimiento es aplicable para el Comisionamiento y la Puesta en Marcha de las instalaciones de chancado primario, transporte y acopio del mineral chancado.

Descripción De Las Instalaciones

El circuito está diseñado para tratar 140,000 tpd de mineral. El mineral será transportado desde la mina por camiones y depositado en la tolva del circuito de chancado primario. La capacidad de acopio del mineral grueso estará dada entonces por la máxima capacidad de producción de la mina.

Los chancadores instalados serán alimentados por camiones y se descargará directamente hacia los Apron Feeders. Los alimentadores de placas de velocidad variable regulan la alimentación a la correa transportadora de sacrificio, que está diseñada para una capacidad de transporte de diseño de 9400 tph a una velocidad de 4.10 m/s que a su vez descargará a la Primera Faja Transportadora de mineral grueso que está diseñada para una capacidad de transporte de diseño de 9400 tph a una

velocidad de 6.5 m/s, esta a su vez descargará a la Segunda Faja Transportadora que está diseñada para una capacidad de transporte de diseño de 9400 tph a una velocidad de 6.5 m/s, para luego descargar al Stock Pile.

La suma del aporte de cada alimentador de placas no debe exceder la capacidad máxima de carga (10 000 Ton/Hr) de la correa de sacrificio. Cuando el Stockpile alcanza el nivel 95%, se detienen las fajas transportadoras, correa de sacrificio y alimentadores de placa.

El polvo generado en la descarga del mineral de los camiones será controlado por el uso de boquillas de nebulización por atomización del sistema de supresión de polvo. El sistema colector de polvo estará dispuesto a la descarga del Feeder y de la Faja de sacrificio. En caso de que pase algún elemento metálico este podrá ser retirado del circuito gracias a un magneto y posteriormente de tener más elementos metálicos, estos serán detectados en la faja de sacrificio por un detector de metales.

Seguridad

Se deben tomar en cuenta las siguientes recomendaciones de seguridad:

- El área sometida a prueba deberá estar limpia y libre de obstáculos.
- Se debe verificar que esté presente el sistema contra incendios.

- Se debe verificar que estén operativas y probadas las paradas de emergencia de los equipos.
- Solo se intervendrán los equipos pertenecientes al circuito que tienen tarjeta Azul, que indica que el equipo ya ha sido entregado al área de Comisionamiento y que no hay trabajos de construcción o de Pre operaciones pendientes al momento de la ejecución de la Prueba.
- Se deberá recorrer físicamente el sistema completo antes del Comisionamiento y Puesta en Marcha para verificar que ningún personal ajeno a la prueba esté cerca. Se emplazará personal a lo largo del circuito a fin de mantener libre de personal no autorizado, se identificarán salidas de escape libres de obstáculos.
- El personal que participará en la prueba debe ser debidamente instruido acerca del trabajo específico que realizará así como tener conocimiento de este procedimiento, matriz de Identificación de Peligros y Evaluación y Control de Riesgos (IPERC); y, Procedimientos Escritos de Trabajo Seguro (PETS) asociados a este trabajo.
- Cada trabajador debe tener una tarea definida a realizar, cada grupo de trabajo deberá realizar su respectivo Análisis de Trabajo Seguro (ATS).
- Los permisos para trabajos críticos (trabajos en caliente, trabajos en altura, izajes, bloqueo, espacios confinados, etc.) así como la seguridad en general seguirá los lineamientos de la empresa.

- De ocurrir cualquier anomalía durante las pruebas tal como ruido excesivo, humo, desalineamiento excesivo, derrames de material o cualquier otro evento que ponga en riesgo a las personas, los equipos o al medio ambiente; se debe detener inmediatamente la prueba y notificar al líder de la prueba.
- Se debe tener una comunicación adecuada entre todo el personal participante, para lo cual se utilizarán radios con un canal exclusivo para las pruebas.
- El liderazgo de las pruebas lo asumen el Superintendente de Procesos, el Superintendente Mecánico o el Gerente de Comisionamiento y Puesta en Marcha, dependiendo de quién esté presente en planta y en el orden de precedencia indicado. Las áreas de Electricidad, Instrumentación y Control actúan como soporte durante las pruebas.
- Es indispensable la participación de personal de Seguridad.

Condiciones Iniciales

Previo al Comisionamiento y Puesta en Marcha con carga, se debe cumplir con lo siguiente:

- Verificar que están todos los planos (última actualización), generados por Construcción y/o Pre Operaciones con la documentación de respaldo correspondiente.

- Todos los trabajos constructivos o de Pre Operaciones deben estar concluidos o serán suspendidos durante las pruebas si se encuentran dentro del área de influencia de equipos en movimiento o material circulante.
- Pre Operaciones debe haber realizado las pruebas Pre-Operacionales y pruebas con agua por circuito y/o simulando operación normal en forma satisfactoria. Todos los equipos deben haber sido entregados y contar con la Tarjeta Azul que confirma que el área de Comisionamiento tiene la custodia de los mismos.
- Asegurar que los repuestos de ser requeridos estarán disponibles.
- Para el comisionamiento, los equipos críticos contarán con la asesoría de sus respectivos Vendor de la disciplina correspondiente.
- Inspeccionar detalladamente correas y chutes de descarga para detectar elementos, partes y componentes que puedan estar dañados.
- Verificar lubricación de los equipos

Comisionamiento Eléctrico

a. Objetivo

Suministrar energía para Pruebas del Sistema

El Comisionamiento eléctrico comprende la realización de pruebas de funcionamiento y comunicaciones bajo condiciones reales. Ejemplo: energización de líneas y equipos, motores, bombas, compresores, etc.

El objetivo de esta prueba es verificar que los equipos eléctricos del sistema operable de procesos y componentes considerados en el presente procedimiento son aptos para una puesta en servicio segura.

El personal eléctrico brindará el suministro de energía eléctrica a las áreas y equipos requeridos para las pruebas, luego de haber coordinado las actividades con el solicitante. El solicitante debe comunicar al operador electricista de sala, la secuencia de arranque a seguir para poder llevar un control y toma de datos de los parámetros principales en los equipos y registrarlos en sus respectivos protocolos.

b. Inspección Visual

- Verificar que todos los trabajos de instalación de equipos eléctricos se encuentran finalizados.
- Verificar que existe libre acceso a todos los equipos eléctricos de la Sala de fuerza y control correspondiente.
- Todos los Interruptores desbloqueados.
- Verificar que el sistema contra incendios está disponible y operativo en la sala de fuerza y control.

- Verificar que existen equipos de primeros auxilios disponibles.
- Conocer los sistemas de comunicación de emergencia disponibles.
- Certificar que hayan sido ejecutadas las pruebas pre-operacionales y chequeos como pasos previos para autorizar las pruebas como:
 - Inspecciones y pruebas de verificación del adecuado contacto eléctrico y continuidad.
 - Aislamiento.
 - Puestas a tierra.
 - Polaridad, secuencia.
 - Calibración y ajustes de protecciones y unidad de medidas.
 - Dispositivos de control eléctrico.
 - Sentidos de rotación.
 - Medición y registro de variables eléctricas de cada equipo o sistema.
- Verificar que todos los equipos a ser utilizados para las pruebas de comisionamiento han sido calibrados adecuadamente.

c. Verificaciones del Sistema Eléctrico

Se requiere la verificación de documentos tales como:

- Energización de los equipos de Alta Tensión, Media Tensión y Baja Tensión.
- Ajustes de dispositivos de cortocircuitos e interruptores.

- Dirección de rotación de los motores auxiliares.
- Sistema de protección contra incendio y puesta a tierra.
- Energización y prueba del sistema del control de potencia.
- Realización de las pruebas de funcionamiento de dispositivos de protección, instrumentos eléctricos y dispositivos de seguridad.
- Energización y ensayo de los sistemas de emergencia y control.
- Pruebas de los cargadores de batería, inversores y UPS.
- Corrida de los motores durante 4 horas sin carga (en vacío) con el fin de determinar su correcto funcionamiento.
- Chequeo de la operación de los controles automático y manual.
- Intensidad de la luz normal y de emergencia.
- Calibración de los detectores de fuego y gas, incluyendo la sincronización del panel de control de los mismos.
- Ensayo de los controladores de lógica programable, operadores secuenciales y sistemas de control neumático.
- Pruebas de lógica de control.
- Operación de los dispositivos de bloqueo (Enclavamientos)

d. Datos a Monitorear y Registrar

- Alarmas y temperatura de Transformadores.
- Datos en Relé.
- Datos en Variador de Frecuencia.
- Datos en Cicloconvertidores.

- Datos en Transformadores de aislación.
- Datos en Gabinete de control.
- Datos en Panel intercambiador de calor Motor Gearless.

Comisionamiento de Instrumentación y Sistemas de Control

a. Objetivo

El objetivo de las pruebas de Comisionamiento de la disciplina de Instrumentación y Sistemas de Control es asegurar que los instrumentos, válvulas y equipos de control asociados al circuito, trabajen en forma integrada y segura (tanto para el personal de operación como para los equipos), de forma que se garantice una operación continua y confiable de la Planta.

b. Inspección Visual

- La instalación de instrumentos, válvulas, equipos de control y cables de comunicación y señal, debe estar terminada en forma definitiva.
- Las Pruebas de Pre operaciones deben estar terminadas y documentadas en forma satisfactoria.
- Todos los equipos del sistema de control: servidores, estaciones de operación gabinetes de DCS y comunicación deben estar instalados

en forma definitiva y con todas las protecciones eléctricas y mecánicas completas.

- Las salas de control, de servidores y eléctricas deben estar terminadas y con todos los servicios operativos.
- El cableado de Fibra óptica debe estar instalado definitivamente y certificado.
- El cableado de la red de control de proceso debe estar instalado definitivamente y certificado, para garantizar la continuidad de las pruebas de comisionamiento.
- Se deben haber realizado y documentado las pruebas de redundancia de comunicación de los componentes del sistema de control.
- El cableado de redes de campo debe estar instalado definitivamente y certificado, para garantizar la continuidad de las pruebas de comisionamiento.
- Verificación de diagrama de conexión de cada instrumento, válvula y equipo de control hacia DCS.
- Verificación de características contra Data Sheet, de cada instrumento, válvula y equipo de control.
- Prueba de integración de señales, mapa de señales y visualización de instrumentos, válvulas y equipos de control en DCS.
- Verificación de Lógica de control asociada en DCS para cada instrumento, válvula y equipo de control (Secuencia de Arranque, Permisivos, Enclavamientos de seguridad y de procesos).

c. Pruebas a Desarrollar:

- Prueba de Señales de instrumentos, válvulas y equipos de control.
- Prueba de Lógica de control de Arranque de Motores (Lógica de arranque y las protecciones del Equipo)
- Prueba de Lógica de Control de Arranque de Equipos (Pruebas de Enclavamientos – Secuencias – Regulación de tiempo de respuesta – Verificación de Setpoints y Alarmas) Según Diagramas Lógicos.
- Prueba y Certificación de redes industriales (Foundation Fieldbus, Profibus, Modbus, Ethernet).
- Prueba de redundancia de controladores / Fuentes.
- Prueba de Servicios al Sistema de Control de Procesos (Historizador, Alarmas, Tendencias).
- Pruebas Funcionales de Sistemas de Voz, Data , CCTV.
- Pruebas Funcionales de Sistema de Detección y Extinción de Incendios.
- Prueba de Lógica de Control de Arranque de Sistemas Operables (Pruebas de Enclavamientos – Secuencias – Regulación de tiempo de respuesta – Verificación de Setpoints y Alarmas) Según diseño de Lógica de control.
- Prueba y Sintonización inicial de Lazos de Control.

Comisionamiento de Procesos y Mecánica

a. Objetivo

El objetivo de las pruebas es verificar las instalaciones de manera general, que estas instalaciones estén montadas de acuerdo a diseño y que se correspondan con diseño de procesos establecido.

b. Tareas previas al Arranque con Carga

- Tener todos los permisos de seguridad aprobados, evidencias de que todo el personal tenga conocimiento de los procedimientos existentes y cuál es el alcance de trabajo y áreas físicas involucradas.
- Verificar que los sistemas auxiliares como agua, aire, etc. estén probados y disponibles. Considerar que los sistemas de lubricación deben estar operativos desde por lo menos 24 horas antes para garantizar una temperatura de aceite adecuada.
- Realizar una inspección visual para verificar que no hayan elementos extraños que interfieran con la operación así como revisar que las guardas se encuentren instaladas y fijadas
- Verificar que las válvulas, drenajes, venteos, etc. Se encuentren en la posición adecuada para el Comisionamiento.

- Personal de apoyo debe estar presente a lo largo del circuito según lo planeado para detectar anomalías en el sistema como ruidos, humo, alta temperatura, vibraciones, desalineamiento, etc.
- Tener en cuenta recomendaciones de los fabricantes para iniciar el arranque.
- Arrancar el circuito en vacío según la secuencia de arranque.
- Se deben registrar los parámetros de Operación de los equipos en los protocolos.
- Realizar la corrida de las bombas en reciclo y chequeo de la operación del motor y la bomba. Se verifica después de esta acción el estado de los engranajes y rodamientos.

c. Comisionamiento con Mineral

Para poder llevar a cabo el comisionamiento del sistema, es necesario primero proteger los Apron Feeders que alimentan a la correa de sacrificio. Esto debe realizarse para evitar que impacten en ellos piedras de tamaño tal que puedan dañar las placas de las orugas. Para lograr este objetivo se prepara una cama de material muy fino que tenga una altura de unos tres a cuatro metros sobre el Feeder; así se logra amortiguar el golpe de piedras al inicio de la alimentación.

Antes de iniciar las pruebas con carga, el área de Instrumentación y control completará las pruebas preliminares que garanticen que el

sistema de control esté operativo y se pueda operar el circuito en forma continua y segura.

Se debe tener por lo menos mineral disponible cada diez minutos para evitar el trabajo en vacío de la chancadora.

En general el orden de arranque del circuito es como sigue:

- Segunda Correa transportadora.
- Primera Correa transportadora.
- Correa de sacrificio
- Electroimán
- Alimentador de mineral
- Chancador primario

Teniendo la tolva de compensación en un nivel del 80% aproximadamente según el sensor de nivel y las lanzas en posición de cerrado, se dará inicio al arranque del circuito. Este arranque (primer arranque con carga) se dará con el sistema en modo Manual, por espacio de 60 minutos.

Luego de esto se detiene solamente el Apron Feeder (Continúan corriendo las correas transportadoras y de sacrificio), se retiran el 50% de lanzas y arranca el Apron Feeder aumentando la carga hasta llegar

a las 2500 Ton/hora donde se mantiene constante con esta carga por espacio de una hora. Paralelamente se sigue alimentando a la chancadora por la parte superior con camiones Mina de acuerdo a lo que requiera el Apron Feeder. Se detiene el Sistema para poder hacer las revisiones respectivas (Chancado y Apron Feeder) se revisa si hay fugas, ajuste de pernos, etc. de acuerdo al Manual del Vendor y llenando protocolos aumentando la carga hasta llegar a 5000 Ton/hora durante las siguientes 40 horas. El ritmo de alimentación al sistema es el que tiene el Chancador.

d. Operación de Equipos

- **Operación del triturador:**

La alimentación inicial deberá realizarse con material blando, seco y con la seguridad de que no contiene finos ni bolones más grandes que 1000 mm en su longitud más larga. La recomendación del fabricante es “menor que 2/3 del tamaño nominal de la boca de alimentación”. En nuestro caso es de 60” (1500mm). Es conveniente utilizar en los primeros días mineral estéril o de muy baja ley ya que es muy probable que la mayoría se pierda en la molienda con posibilidades casi nulas de obtener concentrados comercialmente aptos. Dependiendo de cómo se desarrolle el incremento de tonelaje propuesto por el Vendor, podríamos utilizar

para este fin 300.000 Tn de mineral de estas características. Para ello habrá que solicitar a mina un acopio a tal fin.

El Chancador se opera durante 1 hora al 50% de su capacidad. Se suspende la alimentación, se deja el triturador limpio (sin mineral) y se detiene. Se inspecciona si hay elementos sueltos, fugas de grasa o aceite y, si todo está bien, se comienza otra vez con una alimentación equivalente al 50% de su capacidad. Con este ritmo se opera durante 8 horas. Si está dentro de las condiciones de operación normales, se continúa durante 40 horas aumentando gradualmente la alimentación hasta su capacidad de diseño. Esto implica unas 50 Tn/hr de incremento hasta llegar al valor de balance.

Para el inicio de la operación deberán darse las siguientes condiciones:

- Que el eje principal ha sido elevado 2" (50 mm) con el sistema de ajuste hidráulico.
- Que el aceite de lubricación está a temperatura de operación (aprox. 50°, no mayor a 60°), se pone en funcionamiento una bomba de aceite y éste circula por las partes que requieren lubricación, tales como corona de la excéntrica y porta rodamientos del eje del piñón. El flujo de aceite es verificado

mediante observación de un flujo masivo descargando en el reservorio de la central de lubricación.

- Que el flujo de aceite que fluye al excéntrico y al contra eje es el correcto y ha sido verificado.
- Que el sistema de lubricación de la araña está operativo y funciona correctamente. Si la temperatura ambiente es muy baja, coloque una manta calefactora alrededor del tambor para calentar la grasa para lubricación. Controlar tiempo entre bombeo y cantidad de pulsos por bombeo.
- Que la extensión del contra eje es segura y las cubiertas de protección de los acoples están colocadas.
- Que los candados de bloqueo del motor han sido retirados en el MCC, como así también de los otros equipos que son parte funcional del sistema.
- Antes de poner en funcionamiento el triturador y sus equipos auxiliares, asegúrese que todos los interlocks de seguridad y paradas de emergencia han sido testeados y funcionan bien.
- Arranque el Chancador desde el sistema de control distribuido (DCS) y alimente a un 50% de la capacidad.
- Con el equipo en operación, inspeccione si hay pérdida de aceite en las cañerías de alimentación y retorno.
- Chequee la temperatura de los rodamientos del contra eje, registre.

- Asegúrese que el sistema de enfriamiento y filtrado de aceite están operando adecuadamente. Chequee que los termómetros y manómetros instalados en el sistema se mantengan en valores constantes y con indicación correcta.
- Asegúrese que el sistema de lubricación del buje de la araña funcione correctamente.
- Pruebe los sistemas de soporte hidráulico y ajuste del setting.
- En intervalos de 15 minutos, registre los datos. Continúe registrando estas lecturas hasta que la temperatura del aceite se mantenga constante por una hora y luego continúe las lecturas cada hora durante el transcurso del test de 40 horas.
- Observe las temperaturas del devanado y rodamientos del motor.
- Al final del período de 8 horas al 50%, pare la alimentación y permita que el triturador se vacíe. Cuando esto ocurra detenga el motor y registre el tiempo que demora el triturador en detenerse. Los sistemas de lubricación y de ajuste hidráulico quedan en operación si no se detectaron fallas.
- Asegúrese que los tornillos de la carcasa, araña y fundaciones están ajustados. Ajuste cualquier tornillo y tuerca como se requiera. Al valor de torque establecido.
- Asegúrese que los tornillos de la fundación del motor del triturador están ajustados. Ajuste cualquier tornillo y tuerca como se requiera. Al valor de torque establecido.

- Cuando se completaron todos los chequeos, inspecciones y ajustes, se arranca el triturador y se alimenta a un 50%. Durante las siguientes 40 horas, se incrementa la alimentación gradualmente hasta un 100%.
- Setee el sistema de la válvula de alivio del hidrosset mientras el triturador está operando en forma normal al máximo de alimentación. Regule la válvula de alivio hasta que con carga normal se abra y permita al manto descender, luego setee la más alta de tal manera que pueda mantenerse cerrada bajo picos que ocurren en condiciones normales de operación. La función de la válvula de alivio es proteger el equipo de objetos inchancables. Si un objeto queda atrapado en el triturador, la válvula abre y el manto desciende para descargar el inchancable. Lo mismo ocurre en caso de corte de energía. El valor de seteo requerido para la válvula de alivio puede variar ya que el mineral es extraído de diferentes partes de la mina, variando la dureza del mismo. Registre los valores de seteo de la válvula de alivio en este valor inicial y cada vez que se cambie.
- Durante las siguientes 40 horas repita todos los chequeos e inspecciones hechas durante las 8 horas previas de operación.

- **Operación del Apron Feeder**

Luego de tener una cama de mineral sobre las lanzas lo suficientemente grande como para que el permisivo deje arrancar el Apron feeder, inicialmente se retirarán la mitad de las lanzas del lado de la cabeza del Apron feeder, se arranca el equipo por espacio de 1 hora de acuerdo a la alimentación del chancador, se detiene el apron feeder, se toman datos necesarios según protocolos, se detiene el equipo, luego se retira la siguiente mitad de las lanzas.

Se deben tener camiones cargados con mineral en el nivel superior de la chancadora esperando para llenar mineral cuando se requiera:

- Revisar el normal funcionamiento del mismo poniendo atención al deslizamiento de la oruga que debe ser suave, continuo y libre de ruidos que denoten alguna interferencia en el recorrido de los trenes de desplazamiento.
- Verificar que los valores de presión y temperatura del aceite de la unidad motriz sean los recomendados por el fabricante.
- Observar si ocurren pérdidas de material fino en los laterales. Si así ocurriera, detener el sistema y ajustar faldones y/o revestimientos.

- Observar la caída de material en el chute de descarga. Verificar puntos de contacto entre piedras y paredes para prevenir que en caso de impactos en áreas desprotegidas se produzcan roturas de paredes en forma prematura.
- Verificar funcionamiento del detector de nivel en el chute de descarga.
- Verificar efectividad del magneto ubicado en la polea de cabeza del accionamiento del Feeder. Se debería probar con un elemento esférico (bola de 5”), con un tramo de cañería de unas 4” (1m de longitud), con una placa de desgaste de las que se utilizan en el triturador, etc.

- **Operación Faja de sacrificio**

La faja estará corriendo con el mineral que alimenta el Apron Feeder, inicialmente con una carga baja de acuerdo a la alimentación del Feeder y luego se irá incrementando a medida que se retiren las lanzas hasta un 100%, cuando se hayan retirado todas las lanzas y el Apron Feeder se encuentre también al 100% de su capacidad.

Operar, mientras estén dadas las condiciones (Correas transportadoras funcionando) en cuanto al adecuado funcionamiento mecánico de la faja, el tiempo y tonelajes indicados

en el procedimiento de operación del triturador verificando los siguientes ítems:

- Que la goma del faldón se ajuste a la correa transportadora, pero no marque la cubierta de la misma.
- Verificar que la Correa de retorno no tenga mineral adherido. Ajustar los raspadores y arado de acuerdo con las instrucciones de operación.
- Verificar la Operación correcta de rodillos, poleas de cabeza contrapeso y cola y guías de la correa.
- Revisar el empalme mecánico de la correa.
- Revisar Todos los bastidores por si hay rodamientos calientes y/o sellos con pérdidas. Alinear si es necesario.
- Verificar la Temperatura de las unidades de accionamiento.
- Cuando el sistema haya operado en forma normal por unos 15 minutos, detener la cinta cargada y probar arranque en estas condiciones.
- Durante la operación, verificar que el contrapeso es el apropiado. Si se requiere peso adicional, agregar bolas de 5” u otro elemento pesado y removible sin exceder el valor adicional máximo recomendado por el fabricante.
- Se realizará la verificación de la calibración de la balanza.
- Registre y proporcione la información solicitada en la Hoja de datos de puesta en servicio a plena carga.

- **Operación de Correas Transportadoras**

A los controles y verificaciones de la faja de sacrificio, añadir controles especiales en el sistema motriz y especial énfasis en el comportamiento de la faja en la zona curvada en los momentos de arranque, operación estable y detención. Revisar:

- Que la goma del faldón se ajuste a la correa transportadora, pero no marque la cubierta de la misma.
- Que la Correa de retorno no tenga mineral adherido. Ajustar los raspadores y arado de acuerdo con las instrucciones de operación.
- La Operación correcta de rodillos, poleas de cabeza, contrapeso y cola y guías de la correa.
- El empalme mecánico de la correa.
- Todos los bastidores por si hay rodamientos calientes y/o sellos con pérdidas. Alinear si es necesario.
- La Temperatura de las unidades de accionamiento.
- Cuando el sistema haya operado en forma normal por unos 15 minutos, detener la cinta cargada y probar arranque en estas condiciones.
- Durante la operación, verificar que el contrapeso es el apropiado. Si se requiere peso adicional, agregar bolas de 5” u

otro elemento pesado y removible sin exceder el valor adicional máximo recomendado por el fabricante.

e. Primera Etapa De Comisionamiento

En una primera etapa se realizará un arranque con carga parcial, se cargará la Chancadora con 3 camiones con 150 Ton Cada uno con material seleccionado (menor que $\frac{2}{3}$ del tamaño nominal de la boca de alimentación 1000 mm). Se utilizará mineral estéril o de muy baja ley.

Para realizar esta maniobra se tendrán las lanzas del apron feeder en posición cerrado y con una cama de mineral fino mayor de 1 1/2” que será colocada por 2 volquetes de 200 Ton desde la parte superior de la chancadora.

Para el inicio de la Operación se deberá tener en cuenta las mismas condiciones, teniendo en cuenta que no se podrá operar por una hora como se indica en dicho punto solo el tiempo que demore en descargar los 3 o cuatro camiones con mineral o hasta que se llenen las cámaras hasta un 80% máximo ya que se tienen que llenar espacios muertos.

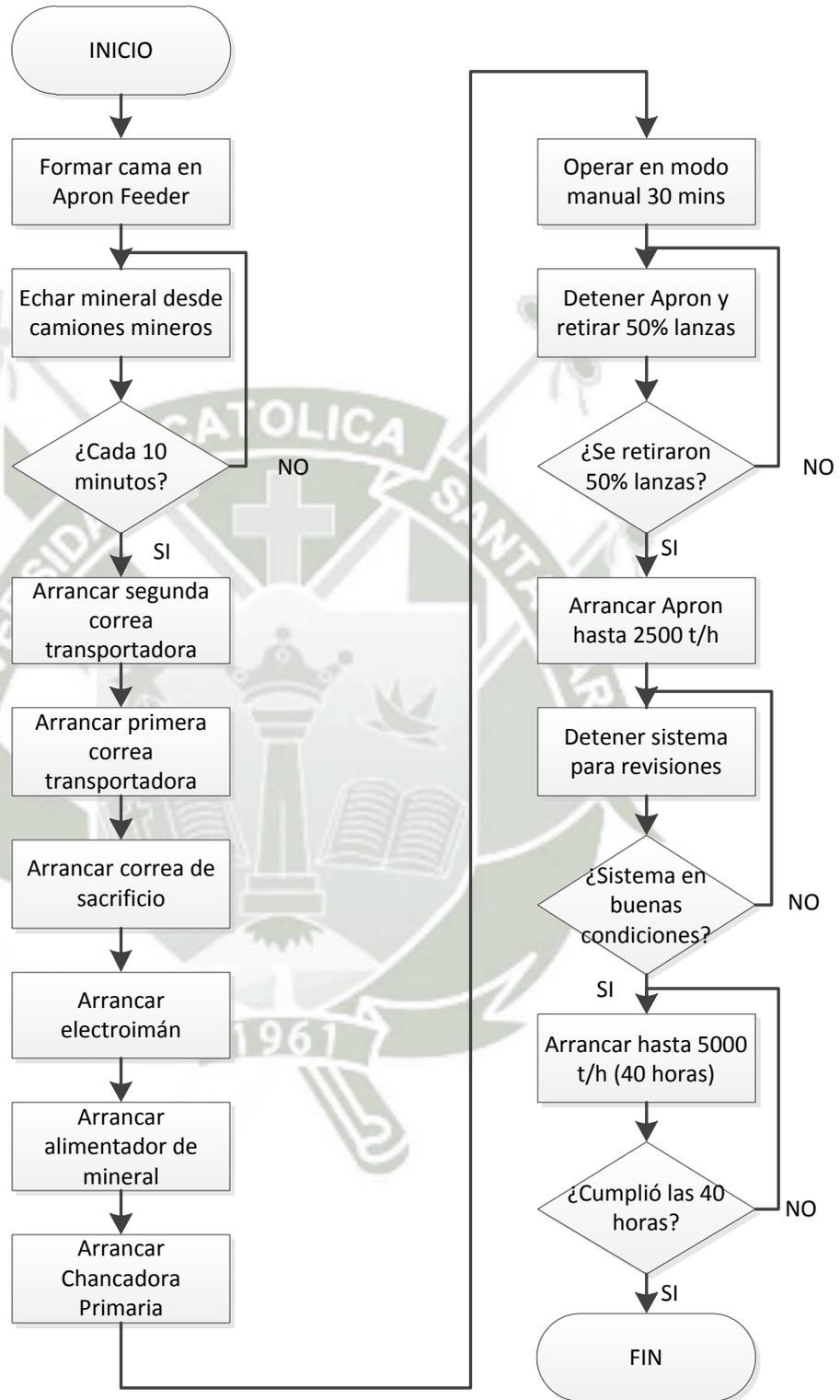
El Chancador luego de ser llenado, con las lanzas en posición de Cerrado, quedará esperando hasta el término de trabajos de pre-

operaciones del Apron Feeder, Faja de sacrificio y Fajas Overland y cuando estos trabajos estén terminados, se pasará material hasta el Stock Pile siguiendo el presente procedimiento.

f. Secuencia de Arranque

- Correa transportadora 2. Sólo se puede arrancar si el Stock pile está a menos del 95%.
- Correa transportadora 1. Solo se puede Arrancar si Corra Transportadora 2 está operando.
- Correa de sacrificio. Solo se puede Arrancar si Correa Transportadora 1 está operando.
- Electroimán.
- Alimentador de mineral. Solo se puede arrancar si el electroimán está operando, si la Tolva de Compensación tiene más de 25% de nivel o si el nivel bajo del chute de transferencia no está activado (para evitar que el Feeder se quede sin cama de material) y si las Fajas de Sacrificio y Transportadoras están funcionando. Normalmente el Operador deberá arrancar los Feeders cuando tiene flujo de alimentación de mineral fresco a la Chancadora, y si la tolva de compensación está sobre el 80%, para evitar detenciones por falta de mineral.
- Chancador de mineral.

g. Diagrama de Flujo Procedimiento N° 1



Fuente: Elaboración Propia

PROCEDIMIENTO N° 2

PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE CON CARGA DE MOLIENDA CON MATERIAL ESTERIL

Alcance

Este procedimiento es aplicable para el Comisionamiento y la Puesta en Marcha de las instalaciones de Molienda, desde la descarga de mineral del stock pile por medio de los Apron Feeders, pasando por la Faja de Alimentación al Molino SAG, Screen, Bombas de alimentación a ciclones, Ciclones y Molino de Bolas, siendo parte del Procedimiento 2 los sistemas de alimentación de bolas a los molinos, sistemas de enfriamiento, lubricación, hidráulicos, frenos de los molinos y puentes grúa.

Descripción De Las Instalaciones

La Faja de alimentación al Molino SAG, es alimentado por 4 Apron Feeders de velocidad variable, que puede utilizarse 1, 2, 3 y hasta 4 a la vez dependiendo de la capacidad y tamaño del mineral requerido, durante el trayecto se adicionarán bolas a la faja desde la tolva de bolas y con ayuda de los alimentadores, esta carga llegará hasta el molino SAG, el mineral pasará luego al Screen, donde el grueso se dirige hacia la pila de Pebbles mediante las Fajas de transporte de Pebbles las cuales estarán en operación y el fino pasará hacia el cajón de alimentación a las bombas de

ciclones, luego se bombeará el mineral hacia los ciclones donde el fino pasa a flotación y el grueso se dirigirá hacia el molino de bolas que a su vez alimenta nuevamente al cajón de alimentación a las bombas de ciclones.

Los finos pasarán a través de la 1ra línea de las celdas Rougher Scavenger, los cuales serán usados solo como tubería de descarga hacia el espesador de relaves. Las celdas deberán tener operando sus agitadores y el espesador de relaves tendrá las rastras en operación.

Seguridad

Se deben tomar en cuenta las siguientes recomendaciones de seguridad:

- El área sometida a prueba deberá estar limpia y libre de obstáculos.
- Se debe verificar que esté presente el sistema contraincendios
- Se debe verificar que estén operativas y probadas las paradas de emergencia de los equipos.
- Solo se intervendrán los equipos pertenecientes al circuito que tienen tarjeta Azul, que indica que el equipo ya ha sido entregado al área de Comisionamiento y que no hay trabajos de construcción o de Pre operaciones pendientes al momento de la ejecución de la Prueba.
- Se deberá recorrer físicamente el sistema completo antes del Comisionamiento y Puesta en Marcha para verificar que ningún

personal ajeno a la prueba este cerca. Se emplazará personal a lo largo del circuito a fin de mantener libre de personal no autorizado, se identificarán salidas de escape libres de obstáculos.

- El personal que participará en la prueba debe ser debidamente instruido acerca del trabajo específico que realizará así como tener conocimiento de este procedimiento, matriz de Identificación de Peligros y Evaluación y Control de Riesgos (IPERC); y, Procedimientos Escritos de Trabajo Seguro (PETS) asociados a este trabajo.
- Cada trabajador debe tener una tarea definida a realizar, cada grupo de trabajo deberá realizar su respectivo Análisis de Trabajo Seguro (ATS).
- Los permisos para trabajos críticos (trabajos en caliente, trabajos en altura, izajes, bloqueo, espacios confinados, etc.) así como la seguridad en general seguirá los lineamientos de la empresa.
- De ocurrir cualquier anomalía durante las pruebas tal como ruido excesivo, humo, desalineamiento excesivo, derrames de material o cualquier otro evento que ponga en riesgo a las personas, los equipos o al medio ambiente; se debe detener inmediatamente la prueba y notificar al líder de la prueba.
- Se debe tener una comunicación adecuada entre todo el personal participante, para lo cual se utilizarán radios con un canal exclusivo para las pruebas.

- El liderazgo de las pruebas lo asumen el Superintendente de Procesos, el Superintendente Mecánico o el Gerente de Comisionamiento y Puesta en Marcha, dependiendo de quién esté presente en planta y en el orden de precedencia indicado. Las áreas de Electricidad, Instrumentación y Control actúan como soporte durante las pruebas.
- Es indispensable la participación de personal de Seguridad.

Condiciones Iniciales

Previo al Comisionamiento y Puesta en Marcha con carga, se debe cumplir con lo siguiente:

- Verificar que están todos los planos (última actualización), generados por Construcción y/o Pre Operaciones con la documentación de respaldo correspondiente.
- Todos los trabajos constructivos o de Pre Operaciones deben estar concluidos o serán suspendidos durante las pruebas si se encuentran dentro del área de influencia de equipos en movimiento o material circulante.
- Pre Operaciones debe haber realizado las pruebas Pre-Operacionales y pruebas con agua por circuito y/o simulando operación normal en forma satisfactoria. Todos los equipos deben haber sido entregados y contar con la Tarjeta Azul que confirma que el área de Comisionamiento tiene la custodia de los mismos.

- Asegurar que los repuestos de ser requeridos estarán disponibles.
- Para el comisionamiento, los equipos críticos contarán con la asesoría de sus respectivos Vendor de la disciplina correspondiente.
- Inspeccionar detalladamente correas y chutes de descarga para detectar elementos, partes y componentes que puedan estar dañados.
- Verificar lubricación de los equipos

Comisionamiento Eléctrico

a. Objetivo

Suministrar energía para Pruebas del Sistema

El Comisionamiento eléctrico comprende la realización de pruebas de funcionamiento y comunicaciones bajo condiciones reales. Ejemplo: energización de líneas y equipos, motores, bombas, compresores, etc.

El objetivo de esta prueba es verificar que los equipos eléctricos del sistema operable de procesos y componentes considerados en el presente procedimiento son aptos para una puesta en servicio segura.

El personal eléctrico brindará el suministro de energía eléctrica a las áreas y equipos requeridos para las pruebas, luego de haber coordinado las actividades con el solicitante. El solicitante debe

comunicar al operador electricista de sala, la secuencia de arranque a seguir para poder llevar un control y toma de datos de los parámetros principales en los equipos y registrarlos en sus respectivos protocolos.

b. Inspección Visual

- Verificar que todos los trabajos de instalación de equipos eléctricos se encuentran finalizados.
- Verificar que existe libre acceso a todos los equipos eléctricos de la Sala de fuerza y control correspondiente.
- Todos los Interruptores desbloqueados.
- Verificar que el sistema contra incendios está disponible y operativo en la sala de fuerza y control.
- Verificar que existen equipos de primeros auxilios disponibles.
- Conocer los sistemas de comunicación de emergencia disponibles.
- Certificar que hayan sido ejecutadas las pruebas pre-operacionales y chequeos como pasos previos para autorizar las pruebas como:
 - Inspecciones y pruebas de verificación del adecuado contacto eléctrico y continuidad.
 - Aislamiento.
 - Puestas a tierra.
 - Polaridad, secuencia.
 - Calibración y ajustes de protecciones y unidad de medidas.
 - Dispositivos de control eléctrico.

- Sentidos de rotación.
- Medición y registro de variables eléctricas de cada equipo o sistema.
- Verificar que todos los equipos a ser utilizados para las pruebas de comisionamiento han sido calibrados adecuadamente.

c. Verificaciones del Sistema Eléctrico

Se requiere la verificación de documentos tales como:

- Energización de los equipos de Alta Tensión, Media Tensión y Baja Tensión.
- Ajustes de dispositivos de cortocircuitos e interruptores.
- Dirección de rotación de los motores auxiliares.
- Sistema de protección contra incendio y puesta a tierra.
- Energización y prueba del sistema del control de potencia.
- Realización de las pruebas de funcionamiento de dispositivos de protección, instrumentos eléctricos y dispositivos de seguridad.
- Energización y ensayo de los sistemas de emergencia y control.
- Pruebas de los cargadores de batería, inversores y UPS.
- Corrida de los motores durante 4 horas sin carga (en vacío) con el fin de determinar su correcto funcionamiento.
- Chequeo de la operación de los controles automático y manual.
- Intensidad de la luz normal y de emergencia.

- Calibración de los detectores de fuego y gas, incluyendo la sincronización del panel de control de los mismos.
- Ensayo de los controladores de lógica programable, operadores secuenciales y sistemas de control neumático.
- Pruebas de lógica de control.
- Operación de los dispositivos de bloqueo (Enclavamientos)

d. Datos a Monitorear y Registrar

- Alarmas y temperatura de Transformadores.
- Datos en Relé.
- Datos en Variador de Frecuencia.
- Datos en Cicloconvertidores.
- Datos en Transformadores de aislación.
- Datos en Gabinete de control.
- Datos en Panel intercambiador de calor Motor Gearless.

Comisionamiento de Instrumentación y Sistemas de Control

a. Objetivo

El objetivo de las pruebas de Comisionamiento de la disciplina de Instrumentación y Sistemas de Control es asegurar que los instrumentos, válvulas y equipos de control asociados al circuito,

trabajen en forma integrada y segura (tanto para el personal de operación como para los equipos), de forma que se garantice una operación continua y confiable de la Planta.

b. Inspección Visual

- La instalación de instrumentos, válvulas, equipos de control y cables de comunicación y señal, debe estar terminada en forma definitiva.
- Las Pruebas de Pre operaciones deben estar terminadas y documentadas en forma satisfactoria.
- Todos los equipos del sistema de control: servidores, estaciones de operación gabinetes de DCS y comunicación deben estar instalados en forma definitiva y con todas las protecciones eléctricas y mecánicas completas.
- Las salas de control, de servidores y eléctricas deben estar terminadas y con todos los servicios operativos.
- El cableado de Fibra óptica debe estar instalado definitivamente y certificado.
- El cableado de la red de control de proceso debe estar instalado definitivamente y certificado, para garantizar la continuidad de las pruebas de comisionamiento.

- Se deben haber realizado y documentado las pruebas de redundancia de comunicación de los componentes del sistema de control.
 - El cableado de redes de campo debe estar instalado definitivamente y certificado, para garantizar la continuidad de las pruebas de comisionamiento.
 - Verificación de diagrama de conexión de cada instrumento, válvula y equipo de control hacia DCS.
 - Verificación de características, contra Data Sheet, de cada instrumento, válvula y equipo de control.
 - Prueba de integración de señales, mapa de señales y visualización de instrumentos, válvulas y equipos de control en DCS.
- Verificación de Lógica de control asociada en DCS para cada instrumento, válvula y equipo de control (Secuencia de Arranque, Permisivos, Enclavamientos de seguridad y de procesos).

c. Pruebas a Desarrollar

- Prueba de Señales de instrumentos, válvulas y equipos de control.
- Prueba de Lógica de control de Arranque de Motores (Lógica de arranque y las protecciones del Equipo)
- Prueba de Lógica de Control de Arranque de Equipos (Pruebas de Enclavamientos – Secuencias – Regulación de tiempo de respuesta – Verificación de Setpoints y Alarmas) Según Diagramas Lógicos.

- Prueba y Certificación de redes industriales (Foundation Fieldbus, Profibus, Modbus, Ethernet).
- Prueba de redundancia de controladores / Fuentes.
- Prueba de Servicios al Sistema de Control de Procesos (Historizador, Alarmas, Tendencias).
- Pruebas Funcionales de Sistemas de Voz, Data , CCTV.
- Pruebas Funcionales de Sistema de Detección y Extinción de Incendios.
- Prueba de Lógica de Control de Arranque de Sistemas Operables (Pruebas de Enclavamientos – Secuencias – Regulación de tiempo de respuesta – Verificación de Setpoints y Alarmas) Según diseño de Lógica de control.
- Prueba y Sintonización inicial de Lazos de Control.

Comisionamiento de Procesos y Mecánica

a. Objetivo

El objetivo de las pruebas es verificar las instalaciones de manera general, que estas instalaciones estén montadas de acuerdo a diseño y que se correspondan con diseño de procesos establecido.

b. Tareas previas al Arranque con Carga

- Tener todos los permisos de seguridad aprobados, evidencias de que todo el personal tenga conocimiento de los procedimientos existentes y cuál es el alcance de trabajo y áreas físicas involucradas.
- Verificar que los sistemas auxiliares como agua, aire, etc. estén probados y disponibles. Considerar que los sistemas de lubricación deben estar operativos desde por lo menos 24 horas antes para garantizar una temperatura de aceite adecuada.
- Realizar una inspección visual para verificar que no hayan elementos extraños que interfieran con la operación así como revisar que las guardas se encuentren instaladas y fijadas
- Verificar que las válvulas, drenajes, venteos, etc. se encuentren en la posición adecuada para el Comisionamiento.
- Personal de apoyo debe estar presente a lo largo del circuito según lo planeado para detectar anomalías en el sistema como ruidos, humo, alta temperatura, vibraciones, desalineamiento, etc.
- Tener en cuenta recomendaciones de los fabricantes para iniciar el arranque.
- Arrancar el circuito en vacío según la secuencia de arranque.
- Se deben registrar los parámetros de Operación de los equipos en los protocolos.

- Realizar la corrida de las bombas en reciclo y chequeo de la operación del motor y la bomba. Se verifica después de esta acción el estado de los engranajes y rodamientos.

c. Comisionamiento con Material Estéril

El procedimiento será el siguiente:

- El comisionamiento se iniciará cuando se cuente con material estéril en el stock pile suficiente como para llevar a cabo un proceso continuo de pruebas al 50% de carga del molino durante 48 horas.
- Añadir agua al cajón de bombas hasta un nivel de 80% aproximadamente. Puede hacerse a través de la alimentación de agua a los molinos de bolas o directamente de la válvula que alimenta el cajón de bombas.
- Añadir agua al molino SAG hasta un 25% de su volumen. Verificar pérdidas en la carcasa y ajustar pernos si es necesario. Se debe tener cuidado con los derrames en el área del motor. Si existe alguna fuga o humedad, retorquear los pernos inteligentes. Los revestimientos se pueden retorquear en cualquier momento, los pernos inteligentes NO, es necesario retorquearlos al instante.
- Poner en funcionamiento los sistemas auxiliares de los molinos: sistema de refrigeración, lubricación, bombas, chillers, otros.

- Abrir al menos 6 ciclones en cada batería. El número de ciclones depende de la carga circulante.
- Poner en marcha el Molino de Bolas, 1 a 3 rpm.
- Poner en marcha la bomba de alimentación a ciclones siguiendo el procedimiento a una velocidad tal que no haya rebose por el overflow en los ciclones - 60%. Toda el agua bombeada debe retornar al cajón de bombas por el underflow y el molino de bolas.
- Comenzar a cerrar ciclones hasta que fluya el agua por el overflow a una presión de unos 5 psi. (65 KPA). Mantener la velocidad de la bomba, en lo posible en modo automático/remoto, agregando agua al molino SAG, de tal manera que bajo estas condiciones, se mantenga constante el nivel del cajón de bombas en un 80%. Bomba arrancada a un 50%.
- Poner en marcha fajas 10 y 11 de Pebbles.
- Poner en marcha zaranda de Pebbles.
- Comenzar el agregado de bolas a los molinos de bolas hasta un 20% de su volumen para lograr fineza en la alimentación a flotación. (63624 bolas de 2" y 3"). En la mezcla de bolas, igual cantidad en peso de cada medida, debe haber 14571 bolas de 3" y 49053 bolas de 2".
- Mientras se lleva a cabo el paso anterior poner en marcha la faja de alimentación al SAG, arrancar 1 o 2 Feeders, según sea necesario, en modo automático partiendo con un tonelaje de unas 400 tn/hr. aumentando paulatinamente el tonelaje de alimentación y velocidad

del molino SAG a medida que aumenta el porcentaje de bolas hasta lograr un equilibrio a unas 8 rpm en el SAG. (Esto se realiza con 2% primer día + 2% segunda día + 4% tercer día + reposición = 50% carga).

- Luego de operar 24 horas con el molino sólo con agua y mineral agregar un 2% de bolas al molino SAG. (1185 bolas de 4" y 5").

En la mezcla de bolas, igual cantidad en peso de cada medida, debe haber 401 bolas de 5" y 784 bolas de 4".

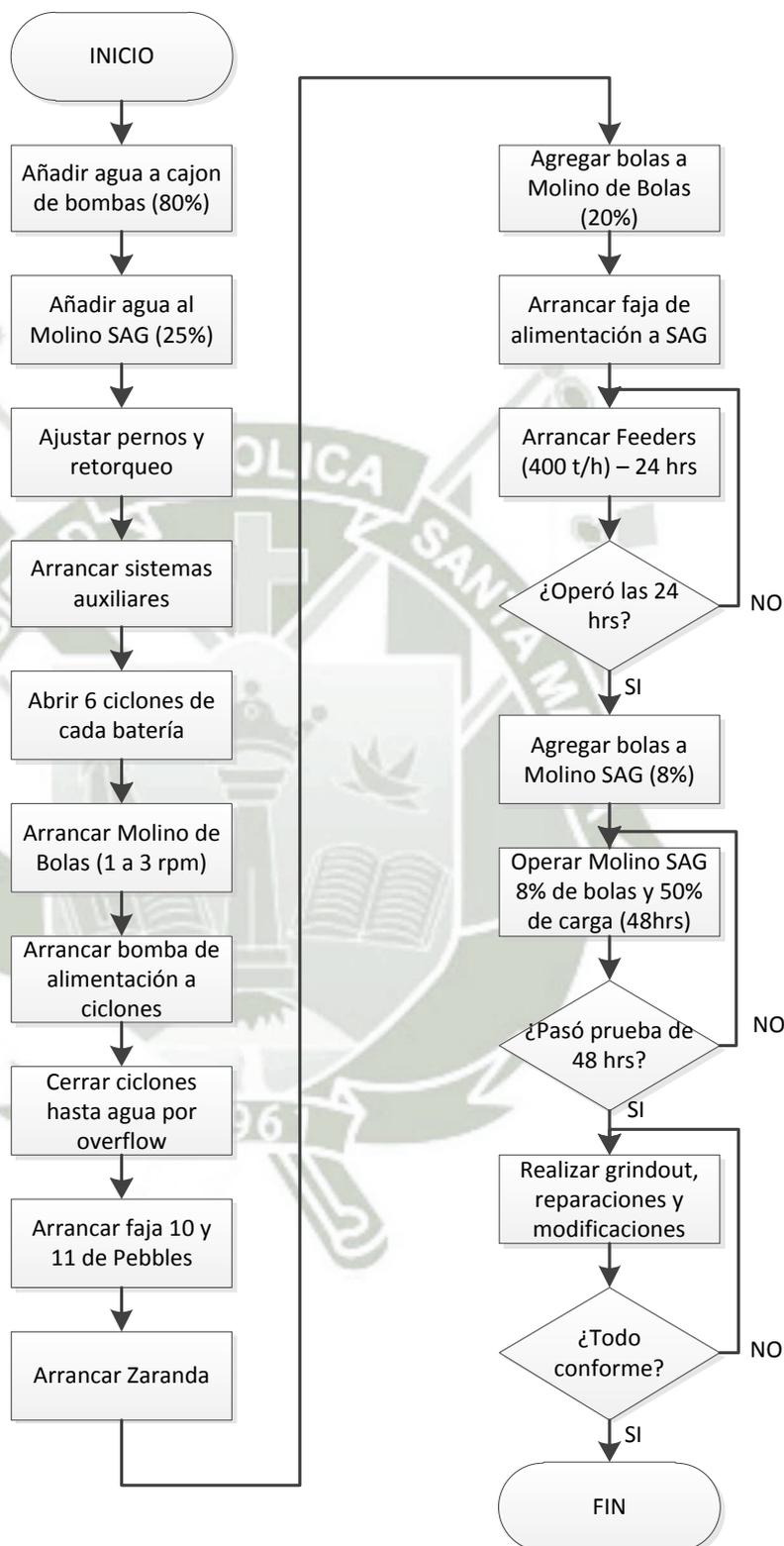
- Mantener estas condiciones durante 24 horas, luego agregar un 2% más de bolas.
- Agregar un 4% de bolas adicional al SAG. (2370 de la mezcla de 4" y 5"). 822 bolas de 5" y 1568 de 4". Aumento gradual de alimentación de mineral en la medida que aumente la velocidad de molienda por agregado de bolas. Con esto el molino esta con 8% de bolas, y queda listo con el 50% de carga para operarlo 48 horas.
- Al cabo de 48 horas, realizar un grindout y registrar los principales parámetros del Molino SAG y de Bolas como peso del molino, nivel de bolas, presión en los descansos, etc. Llevar a cabo reparaciones y/o modificaciones en caso de ser necesarias.
- Haga una inspección visual completa y detallada del molino y de todos sus componentes, tanto internos y externos.
- Verifique las dimensiones de holgura de los cojinetes y de los rieles de empuje, al igual que el levantamiento hidrostático.

- Registre la distribución de presión en las almohadillas de los cojinetes para verificar el modo de compartir las cargas.
- Verifique que los pernos del revestimiento estén apretados y que no tengan fugas.
- Al completarse el periodo de rodaje inicial, detenga el molino y verifique que las presiones de suministro a las almohadillas de levantamiento se encuentren dentro de $\pm 5\%$ de la presión promedio por cojinetes. Si las presiones no se encuentran dentro de $\pm 5\%$, ajuste la posición de las almohadillas de levantamiento. Si las presiones de los cojinetes se encuentran dentro de los límites, re arranque el molino y aumente gradualmente la carga de los medios y del material extraído de acuerdo con el procedimiento de puesta en marcha. Continúe monitoreando todos los parámetros del sistema. Una vez alcanzada la plena carga, las presiones de suministro a las almohadillas de levantamiento con el molino en funcionamiento deben encontrarse dentro de $\pm 10\%$ de la presión promedio por cojinete. Si esto no es así, detenga el molino sin reducir la carga y reajuste las almohadillas de levantamiento.
- Verifique que el entrehierro del motor se encuentre dentro de los requisitos del proveedor del motor antes de proceder a la pasada a plena carga durante 48 horas. Ajuste el entrehierro en caso de ser necesario. Registre las dimensiones preliminares del entrehierro con "carga parcial".

- Verifique la dimensión de elongación de todos (100%) los sujetadores críticos, y registre estas mediciones en las hojas apropiadas en la bitácora de registro de montaje. Los pernos que no cumplan con los criterios de elongación deberán reapretarse o reemplazarse antes de re arrancar el molino para una pasada a plena carga durante 48 horas.



d. Diagrama de Flujo Procedimiento N° 2



Fuente: Elaboración Propia

PROCEDIMIENTO N° 3

PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE CON CARGA DE MOLIENDA CON MINERAL

Alcance

Este procedimiento es aplicable para el comisionamiento y la Puesta en Marcha de las instalaciones de Molienda, desde la descarga de mineral del stock pile por medio de los Apron Feeders, pasando por la Faja de alimentación al SAG, Molino SAG, Screen, Bombas de alimentación a ciclones, ciclones y molino de Bolas, siendo parte los sistemas de alimentación de bolas a los molinos, sistemas de enfriamiento, lubricación, hidráulicos, frenos de los molinos, puentes grúa, etc. Son necesarios tener en operación los sistemas de las áreas de Reactivos y Floculante.

Descripción De Las Instalaciones

La faja de alimentación al SAG es alimentado por 4 Apron Feeders de velocidad variable, que puede utilizarse 1, 2, 3 y hasta 4 a la vez dependiendo de la capacidad y tamaño del mineral requerido, durante el trayecto se adicionarán bolas a la faja de alimentación al SAG desde la tolva de bolas y con ayuda de los alimentadores, esta carga llegará hasta el molino SAG, el mineral pasará luego al Screen donde el grueso se dirige hacia la pila de Pebbles mediante las fajas de transporte de Pebbles al

Stock Pile de Pebbles, las cuales estarán en operación y el fino pasará hacia el cajón de alimentación a las bombas de ciclones, luego se bombeará el mineral hacia los ciclones donde el fino pasa a Flotación y el grueso se dirigirá hacia el molino de Bolas, que a su vez, alimenta nuevamente al cajón de alimentación a las bombas de ciclones. Los finos pasarán a través del Overflow de los Ciclones hacia Flotación para iniciar el proceso de recuperación de concentrado.

La alimentación de reactivos al Molino SAG y de Bolas es a través de las bombas de colector primario, colector secundario y fuel oil. A su vez con la bomba que alimenta lechada de cal.

Seguridad

Se deben tomar en cuenta las siguientes recomendaciones de seguridad:

- El área sometida a prueba deberá estar limpia y libre de obstáculos.
- Se debe verificar que esté presente el sistema contra incendios.
- Se debe verificar que estén operativas y probadas las paradas de emergencia de los equipos.
- Solo se intervendrán los equipos pertenecientes al circuito que tienen tarjeta Azul, que indica que el equipo ya ha sido entregado al área de Comisionamiento y que no hay trabajos de construcción o de Pre operaciones pendientes al momento de la ejecución de la Prueba.

- Se deberá recorrer físicamente el sistema completo antes del Comisionamiento y Puesta en Marcha para verificar que ningún personal ajeno a la prueba este cerca. Se emplazará personal a lo largo del circuito a fin de mantener libre de personal no autorizado, se identificarán salidas de escape libres de obstáculos.
- El personal que participará en la prueba debe ser debidamente instruido acerca del trabajo específico que realizará así como tener conocimiento de este procedimiento, matriz de Identificación de Peligros y Evaluación y Control de Riesgos (IPERC); y, Procedimientos Escritos de Trabajo Seguro (PETS) asociados a este trabajo.
- Cada trabajador debe tener una tarea definida a realizar, cada grupo de trabajo deberá realizar su respectivo Análisis de Trabajo Seguro (ATS).
- Los permisos para trabajos críticos (trabajos en caliente, trabajos en altura, izajes, bloqueo, espacios confinados, etc.) así como la seguridad en general seguirá los lineamientos de la empresa.
- De ocurrir cualquier anomalía durante las pruebas tal como ruido excesivo, humo, desalineamiento excesivo, derrames de material o cualquier otro evento que ponga en riesgo a las personas, los equipos o al medio ambiente; se debe detener inmediatamente la prueba y notificar al líder de la prueba.

- Se debe tener una comunicación adecuada entre todo el personal participante, para lo cual se utilizarán radios con un canal exclusivo para las pruebas.
- El liderazgo de las pruebas lo asumen el Superintendente de Procesos, el Superintendente Mecánico o el Gerente de Comisionamiento y Puesta en Marcha, dependiendo de quién esté presente en planta y en el orden de precedencia indicado. Las áreas de Electricidad, Instrumentación y Control actúan como soporte durante las pruebas. Es indispensable la participación de personal de Seguridad.

Condiciones Iniciales

Previo al Comisionamiento y Puesta en Marcha con carga, se debe cumplir con lo siguiente:

- Verificar que están todos los planos (última actualización), generados por Construcción y/o Pre Operaciones con la documentación de respaldo correspondiente.
- Todos los trabajos constructivos o de Pre Operaciones deben estar concluidos o serán suspendidos durante las pruebas si se encuentran dentro del área de influencia de equipos en movimiento o material circulante.
- Pre Operaciones debe haber realizado las pruebas Pre-Operacionales y pruebas con agua por circuito y/o simulando operación normal en

forma satisfactoria. Todos los equipos deben haber sido entregados y contar con la Tarjeta Azul que confirma que el área de Comisionamiento tiene la custodia de los mismos.

- Asegurar que los repuestos de ser requeridos estarán disponibles.
- Para el comisionamiento, los equipos críticos contarán con la asesoría de sus respectivos Vendor de la disciplina correspondiente.
- Inspeccionar detalladamente correas y chutes de descarga para detectar elementos, partes y componentes que puedan estar dañados.
- Verificar lubricación de los equipos.

Comisionamiento Eléctrico

a. Objetivo

Suministrar energía para Pruebas del Sistema

El Comisionamiento eléctrico comprende la realización de pruebas de funcionamiento y comunicaciones bajo condiciones reales. Ejemplo: energización de líneas y equipos, motores, bombas, compresores, etc.

El objetivo de esta prueba es verificar que los equipos eléctricos del sistema operable de procesos y componentes considerados en el presente procedimiento son aptos para una puesta en servicio segura.

El personal eléctrico brindará el suministro de energía eléctrica a las áreas y equipos requeridos para las pruebas, luego de haber coordinado las actividades con el solicitante. El solicitante debe comunicar al operador electricista de sala, la secuencia de arranque a seguir para poder llevar un control y toma de datos de los parámetros principales en los equipos y registrarlos en sus respectivos protocolos.

b. Inspección Visual

- Verificar que todos los trabajos de instalación de equipos eléctricos se encuentran finalizados.
- Verificar que existe libre acceso a todos los equipos eléctricos de la Sala de fuerza y control correspondiente.
- Todos los Interruptores desbloqueados.
- Verificar que el sistema contra incendios está disponible y operativo en la sala de fuerza y control.
- Verificar que existen equipos de primeros auxilios disponibles.
- Conocer los sistemas de comunicación de emergencia disponibles.
- Certificar que hayan sido ejecutadas las pruebas pre-operacionales y chequeos como pasos previos para autorizar las pruebas como:
 - Inspecciones y pruebas de verificación del adecuado contacto eléctrico y continuidad.
 - Aislamiento.
 - Puestas a tierra.

- Polaridad, secuencia.
 - Calibración y ajustes de protecciones y unidad de medidas.
 - Dispositivos de control eléctrico.
 - Sentidos de rotación.
 - Medición y registro de variables eléctricas de cada equipo o sistema.
- Verificar que todos los equipos a ser utilizados para las pruebas de comisionamiento han sido calibrados adecuadamente.

c. Verificaciones del Sistema Eléctrico

Se requiere la verificación de documentos tales como:

- Energización de los equipos de Alta Tensión, Media Tensión y Baja Tensión.
- Ajustes de dispositivos de cortocircuitos e interruptores.
- Dirección de rotación de los motores auxiliares.
- Sistema de protección contra incendio y puesta a tierra.
- Energización y prueba del sistema del control de potencia.
- Realización de las pruebas de funcionamiento de dispositivos de protección, instrumentos eléctricos y dispositivos de seguridad.
- Energización y ensayo de los sistemas de emergencia y control.
- Pruebas de los cargadores de batería, inversores y UPS.

- Corrida de los motores durante 4 horas sin carga (en vacío) con el fin de determinar su correcto funcionamiento.
- Chequeo de la operación de los controles automático y manual.
- Intensidad de la luz normal y de emergencia.
- Calibración de los detectores de fuego y gas, incluyendo la sincronización del panel de control de los mismos.
- Ensayo de los controladores de lógica programable, operadores secuenciales y sistemas de control neumático.
- Pruebas de lógica de control.
- Operación de los dispositivos de bloqueo (Enclavamientos)

d. Datos a Monitorear y Registrar

- Alarmas y temperatura de Transformadores.
- Datos en Relé.
- Datos en Variador de Frecuencia.
- Datos en Cicloconvertidores.
- Datos en Transformadores de aislación.
- Datos en Gabinete de control.
- Datos en Panel intercambiador de calor Motor Gearless.

Comisionamiento de Instrumentación y Sistemas de Control

a. Objetivo

El objetivo de las pruebas de Comisionamiento de la disciplina de Instrumentación y Sistemas de Control es asegurar que los instrumentos, válvulas y equipos de control asociados al circuito, trabajen en forma integrada y segura (tanto para el personal de operación como para los equipos), de forma que se garantice una operación continua y confiable de la Planta.

b. Inspección Visual

- La instalación de instrumentos, válvulas, equipos de control y cables de comunicación y señal, debe estar terminada en forma definitiva.
- Las Pruebas de Pre operaciones deben estar terminadas y documentadas en forma satisfactoria.
- Todos los equipos del sistema de control: servidores, estaciones de operación gabinetes de DCS y comunicación deben estar instalados en forma definitiva y con todas las protecciones eléctricas y mecánicas completas.
- Las salas de control, de servidores y eléctricas deben estar terminadas y con todos los servicios operativos.

- El cableado de Fibra óptica debe estar instalado definitivamente y certificado.
- El cableado de la red de control de proceso debe estar instalado definitivamente y certificado, para garantizar la continuidad de las pruebas de comisionamiento.
- Se deben haber realizado y documentado las pruebas de redundancia de comunicación de los componentes del sistema de control.
- El cableado de redes de campo debe estar instalado definitivamente y certificado, para garantizar la continuidad de las pruebas de comisionamiento.
- Verificación de diagrama de conexión de cada instrumento, válvula y equipo de control hacia DCS.
- Verificación de características, contra Data Sheet, de cada instrumento, válvula y equipo de control.
- Prueba de integración de señales, mapa de señales y visualización de instrumentos, válvulas y equipos de control en DCS.
- Verificación de Lógica de control asociada en DCS para cada instrumento, válvula y equipo de control (Secuencia de Arranque, Permisivos, Enclavamientos de seguridad y de procesos).

c. Pruebas a Desarrollar

- Prueba de Señales de instrumentos, válvulas y equipos de control.
- Prueba de Lógica de control de Arranque de Motores (Lógica de arranque y las protecciones del Equipo)
- Prueba de Lógica de Control de Arranque de Equipos (Pruebas de Enclavamientos – Secuencias – Regulación de tiempo de respuesta – Verificación de Setpoints y Alarmas) Según Diagramas Lógicos.
- Prueba y Certificación de redes industriales (Foundation Fieldbus, Profibus, Modbus, Ethernet).
- Prueba de redundancia de controladores / Fuentes.
- Prueba de Servicios al Sistema de Control de Procesos (Historizador, Alarmas, Tendencias).
- Pruebas Funcionales de Sistemas de Voz, Data , CCTV.
- Pruebas Funcionales de Sistema de Detección y Extinción de Incendios.
- Prueba de Lógica de Control de Arranque de Sistemas Operables (Pruebas de Enclavamientos – Secuencias – Regulación de tiempo de respuesta – Verificación de Setpoints y Alarmas) Según diseño de Lógica de control.
- Prueba y Sintonización inicial de Lazos de Control.

Comisionamiento de Procesos y Mecánica

a. Objetivo

El objetivo de las pruebas es verificar las instalaciones de manera general, que estas instalaciones estén montadas de acuerdo a diseño y que se correspondan con diseño de procesos establecido.

b. Tareas previas al Arranque con Carga

- Tener todos los permisos de seguridad aprobados, evidencias de que todo el personal tenga conocimiento de los procedimientos existentes y cuál es el alcance de trabajo y áreas físicas involucradas.
- Verificar que los sistemas auxiliares como agua, aire, etc. estén probados y disponibles. Considerar que los sistemas de lubricación deben estar operativos desde por lo menos 24 horas antes para garantizar una temperatura de aceite adecuada.
- Realizar una inspección visual para verificar que no hayan elementos extraños que interfieran con la operación así como revisar que las guardas se encuentren instaladas y fijadas.
- Verificar que las válvulas, drenajes, venteos, etc. se encuentren en la posición adecuada para el Comisionamiento.

- Personal de apoyo debe estar presente a lo largo del circuito según lo planeado para detectar anomalías en el sistema como ruidos, humo, alta temperatura, vibraciones, desalineamiento, etc.
- Tener en cuenta recomendaciones de los fabricantes para iniciar el arranque.

c. Comisionamiento con Mineral

- El arranque del Procedimiento N° 3 debe iniciarse en paralelo a las pruebas con carga del Procedimiento N° 8.
- Se debe arrancar el circuito en vacío según la secuencia de arranque. El arranque del sistema se ha realizado con las pruebas de Comisionamiento con material estéril.
- El Comisionamiento puede comenzar sólo cuando ya se tiene mineral en el stock pile suficiente como para llevar a cabo un proceso continuo, sin interrupciones en lo posible.
- El proceso inicia luego de finalizar el 1er grindout del molino SAG (realizado después de las 48 horas continuas de operación al 50% de carga al molino SAG).
- Se debe seguir la siguiente secuencia de operación:
 - Molino de Bolas
 - Fajas de alimentación de Pebbles
 - Harnero de Descarga
 - Molino SAG

- Bomba de alimentación batería de ciclones
- Faja de alimentación al SAG
- Feeders
- Arrancar el circuito de alimentación de reactivos al Molino SAG.
- Arrancar el circuito de alimentación de reactivos al Molino de Bolas.
- Luego de realizada esta operación, añadir un 10% de bolas en molinos de bolas (7285 de 3" y 24526 de 2"). Total 31812 bolas.
- Incrementar tonelaje de mineral paulatinamente controlando los valores de presión en los descansos, peso del molino, temperatura del devanado.
- Bajo estas condiciones operar el circuito por 8 horas.
- Añadir un 4% adicional de bolas en SAG y calcular consumo de bolas desde el inicio del proceso en base a tonelaje total o potencia y reponer. Se tiene que llegar a 12-14% del nivel de bolas de forma paulatina. Adición de bolas + reposición y correr el molino a POTENCIA MAXIMA.
- Completar carga de bolas en molinos de bolas al 30%
- Realizar último grindout y tomar valores pertinentes antes de comenzar operación en forma continua 24 horas por día.
- Haga una inspección visual completa y detallada del molino y de todos sus componentes, tanto internos y externos.
- Verifique las dimensiones de holgura de los cojinetes y de los rieles de empuje, al igual que el levantamiento hidrostático.

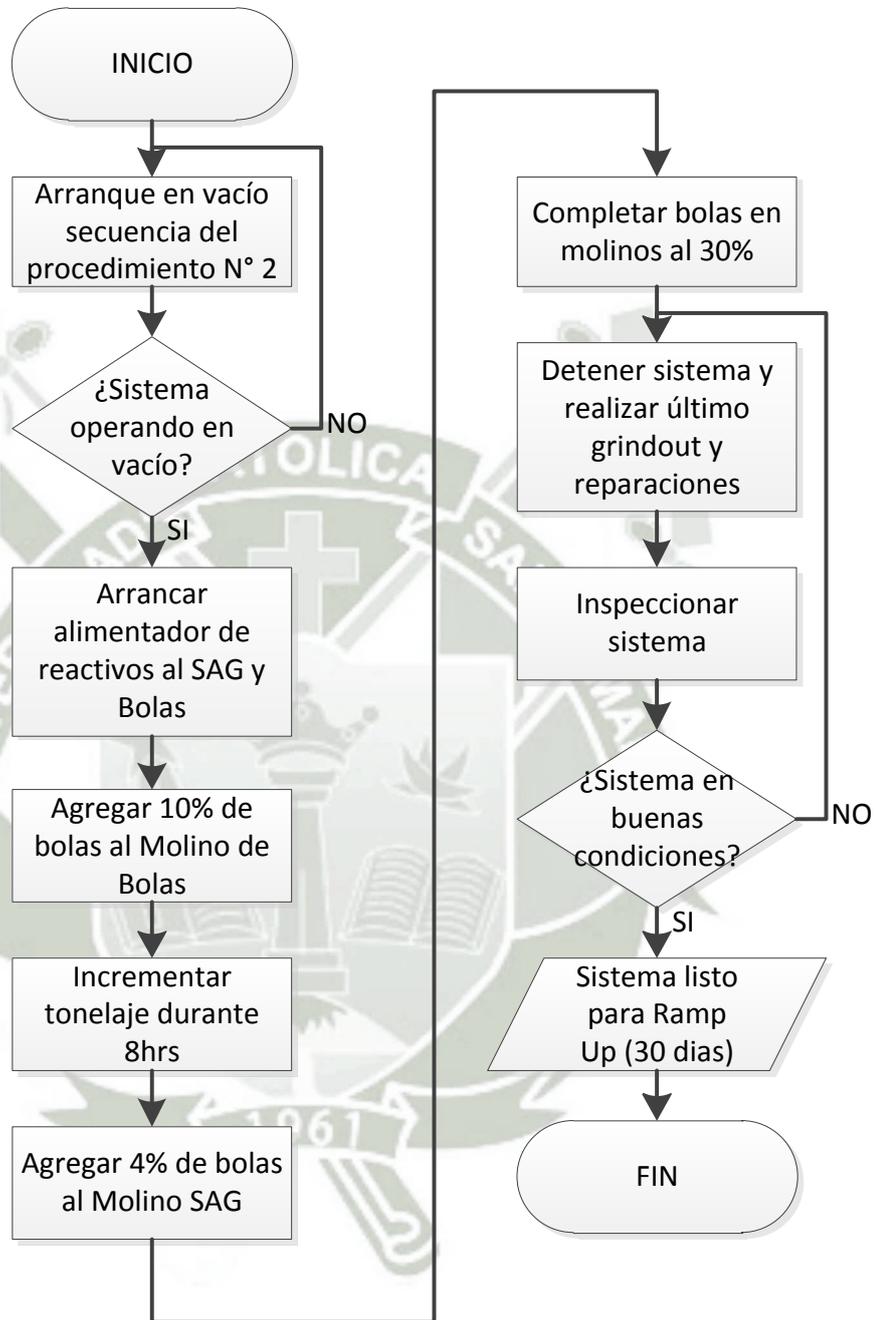
- Registre la distribución de presión en las almohadillas de los cojinetes para verificar el modo de compartir las cargas.
- Verifique que los pernos del revestimiento estén apretados y que no tengan fugas.
- Si el ajuste de la almohadilla no puede dar una diferencia de presión de $\pm 5\%$ del valor promedio, existe un problema mecánico. Una diferencia grande entre la capacidad de compartir cargas en reposo y en operación indica una mala alineación entre el rotor y el estator del motor eléctrico.
- Una vez logrados el ajuste satisfactorio bajo plena carga, deberán instalarse los bloques de detención de la solera para evitar cualquier desplazamiento inadvertido de las bases de los cojinetes y para proporcionar resistencia al cizallamiento en caso de actividad sísmica.
- Verifique que el entrehierro del motor se encuentre dentro de los requisitos del proveedor del motor antes de poner el molino en Producción. Ajuste el entrehierro en caso de ser necesario. Registre las dimensiones finales del entrehierro a "plena carga".
- Verifique la posición del molino con respecto a las soleras de los cojinetes después de la pasada a plena carga durante 48 horas. Registre los valores axial, lateral y la elevación con respecto al cojinete del extremo de carga y el cojinete del extremo de descarga.
- Cuando se hagan ajustes a los molinos, a los cojinetes principales y/o a la posición del motor para cumplir con las especificaciones

del entrehierro del motor, se requiere volver a verificar la alineación de las almohadillas de los cojinetes y de los sellos de los cojinetes. Marque y registre la nueva ubicación del molino.

- Luego de realizada esta operación el molino SAG está listo para inicio de RAMP UP, 30 días continuas de producción a PLENA CARGA.
- Después de esta operación detenga el molino, mida y registre la ELONGACION FINAL de todos los sujetadores críticos del casco, cabezal, muñón y conjunto de tamizadores (PERNOS INTELIGENTES).



d. Diagrama de Flujo Procedimiento N° 3



Fuente: Elaboración Propia

PROCEDIMIENTO N° 4

PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE CON CARGA DE ESPESADOR Y PRESA DE RELAVES

Alcance

Este procedimiento es aplicable para el comisionamiento y la Puesta en Marcha de las instalaciones de Relaves, desde la descarga de las colas de flotación y remolienda por la canaleta hasta los espesadores de relaves.

El overflow de los espesadores va hacia el cajón de agua recuperada, y esta es bombeada hacia la poza de agua de proceso.

El Underflow se recircula entre el cajón distribuidor y espesador de relaves mediante las bombas para mantener los parámetros en el espesador y cuando se requiera por gravedad se envía el underflow hacia el cajón de distribución final de relave y desde allí hacia la presa de relevés desde donde también se recuperará el agua por medio de las bombas sumergibles que estarán sobre sus respectivas barcazas flotantes hacia el tanque de agua de proceso y de ahí bombeada hacia la poza de agua de proceso.

Descripción De Las Instalaciones

La canaleta que recoge las colas de las celdas de limpieza, llegan al cajón distribuidor de relaves, que mediante válvulas motorizadas envía el relave al espesador correspondiente, ambos espesadores de 80 metros de diámetro con un mecanismo hidráulico para el giro y levantamiento de rastras.

El Overflow de ambos espesadores pasa hacia el tanque de agua recuperada de 837 m³ de capacidad desde donde se bombea el agua por intermedio de 4 bombas centrífugas de 2,509 m³/h y 1,500 KW hacia la poza de agua de proceso de 25,000 m³

El Underflow que recircula por medio de las bombas desde los espesadores hacia el cajón de distribución, de 1,016 m³/h y 185 Kw son alimentadas a su vez por agua de sello para su operación normal. Asimismo el underflow descarga por gravedad desde el espesador hacia el cajón de relaves y desde allí hacia la presa de relaves.

Por último la recuperación de agua desde la presa de relaves por medio de cuatro bombas sumergibles de 1125 m³/h y 600 KW de Potencia que también llevará el agua recuperada a la piscina de agua de proceso de 25,000 m³.

Los reactivos como el Floculante se probarán un circuito diferente, pero deberá ser requisito para la entrega de la planta completa.

Seguridad

Se deben tomar en cuenta las siguientes recomendaciones de seguridad:

- El área sometida a prueba deberá estar limpia y libre de obstáculos.
- Se debe verificar que esté presente el sistema contra incendios.
- Se debe verificar que estén operativas y probadas las paradas de emergencia de los equipos.
- Solo se intervendrán los equipos pertenecientes al circuito que tienen tarjeta Azul, que indica que el equipo ya ha sido entregado al área de Comisionamiento y que no hay trabajos de construcción o de Pre operaciones pendientes al momento de la ejecución de la Prueba.
- Se deberá recorrer físicamente el sistema completo antes del Comisionamiento y Puesta en Marcha para verificar que ningún personal ajeno a la prueba este cerca. Se emplazará personal a lo largo del circuito a fin de mantener libre de personal no autorizado, se identificarán salidas de escape libres de obstáculos.
- El personal que participará en la prueba debe ser debidamente instruido acerca del trabajo específico que realizará así como tener conocimiento de este procedimiento, matriz de Identificación de Peligros y Evaluación y Control de Riesgos (IPERC); y,

Procedimientos Escritos de Trabajo Seguro (PETS) asociados a este trabajo.

- Cada trabajador debe tener una tarea definida a realizar, cada grupo de trabajo deberá realizar su respectivo Análisis de Trabajo Seguro (ATS).
- Los permisos para trabajos críticos (trabajos en caliente, trabajos en altura, izajes, bloqueo, espacios confinados, etc.) así como la seguridad en general seguirá los lineamientos de la empresa.
- De ocurrir cualquier anomalía durante las pruebas tal como ruido excesivo, humo, desalineamiento excesivo, derrames de material o cualquier otro evento que ponga en riesgo a las personas, los equipos o al medio ambiente; se debe detener inmediatamente la prueba y notificar al líder de la prueba.
- Se debe tener una comunicación adecuada entre todo el personal participante, para lo cual se utilizarán radios con un canal exclusivo para las pruebas.
- El liderazgo de las pruebas lo asumen el Superintendente de Procesos, el Superintendente Mecánico o el Gerente de Comisionamiento y Puesta en Marcha, dependiendo de quién esté presente en planta y en el orden de precedencia indicado. Las áreas de Electricidad, Instrumentación y Control actúan como soporte durante las pruebas.
- Es indispensable la participación de personal de Seguridad.

Condiciones Iniciales

Previo al Comisionamiento y Puesta en Marcha con carga, se debe cumplir con lo siguiente:

- Verificar que están todos los planos (última actualización), generados por Construcción y/o Pre Operaciones con la documentación de respaldo correspondiente.
- Todos los trabajos constructivos o de Pre Operaciones deben estar concluidos o serán suspendidos durante las pruebas si se encuentran dentro del área de influencia de equipos en movimiento o material circulante.
- Pre Operaciones debe haber realizado las pruebas Pre-Operacionales y pruebas con agua por circuito y/o simulando operación normal en forma satisfactoria. Todos los equipos deben haber sido entregados y contar con la Tarjeta Azul que confirma que el área de Comisionamiento tiene la custodia de los mismos.
- Asegurar que los repuestos de ser requeridos estarán disponibles.
- Para el comisionamiento, los equipos críticos contarán con la asesoría de sus respectivos Vendor de la disciplina correspondiente.
- Inspeccionar detalladamente correas y chutes de descarga para detectar elementos, partes y componentes que puedan estar dañados.
- Verificar lubricación de los equipos

Comisionamiento Eléctrico

a. Objetivo

Suministrar energía para Pruebas del Sistema

El Comisionamiento eléctrico comprende la realización de pruebas de funcionamiento y comunicaciones bajo condiciones reales. Ejemplo: energización de líneas y equipos, motores, bombas, compresores, etc.

El objetivo de esta prueba es verificar que los equipos eléctricos del sistema operable de procesos y componentes considerados en el presente procedimiento son aptos para una puesta en servicio segura.

El personal eléctrico brindará el suministro de energía eléctrica a las áreas y equipos requeridos para las pruebas, luego de haber coordinado las actividades con el solicitante. El solicitante debe comunicar al operador electricista de sala, la secuencia de arranque a seguir para poder llevar un control y toma de datos de los parámetros principales en los equipos y registrarlos en sus respectivos protocolos.

b. Inspección Visual

- Verificar que todos los trabajos de instalación de equipos eléctricos se encuentran finalizados.
- Verificar que existe libre acceso a todos los equipos eléctricos de la Sala de fuerza y control correspondiente.
- Todos los Interruptores desbloqueados.
- Verificar que el sistema contra incendios está disponible y operativo en la sala de fuerza y control.
- Verificar que existen equipos de primeros auxilios disponibles.
- Conocer los sistemas de comunicación de emergencia disponibles.
- Certificar que hayan sido ejecutadas las pruebas pre-operacionales y chequeos como pasos previos para autorizar las pruebas como:
 - Inspecciones y pruebas de verificación del adecuado contacto eléctrico y continuidad.
 - Aislamiento.
 - Puestas a tierra.
 - Polaridad, secuencia.
 - Calibración y ajustes de protecciones y unidad de medidas.
 - Dispositivos de control eléctrico.
 - Sentidos de rotación.
 - Medición y registro de variables eléctricas de cada equipo o sistema.

- Verificar que todos los equipos a ser utilizados para las pruebas de comisionamiento han sido calibrados adecuadamente.

c. Verificaciones del Sistema Eléctrico

Se requiere la verificación de documentos tales como:

- Energización de los equipos de Alta Tensión, Media Tensión y Baja Tensión.
- Ajustes de dispositivos de cortocircuitos e interruptores.
- Dirección de rotación de los motores auxiliares.
- Sistema de protección contra incendio y puesta a tierra.
- Energización y prueba del sistema del control de potencia.
- Realización de las pruebas de funcionamiento de dispositivos de protección, instrumentos eléctricos y dispositivos de seguridad.
- Energización y ensayo de los sistemas de emergencia y control.
- Pruebas de los cargadores de batería, inversores y UPS.
- Corrida de los motores durante 4 horas sin carga (en vacío) con el fin de determinar su correcto funcionamiento.
- Chequeo de la operación de los controles automático y manual.
- Intensidad de la luz normal y de emergencia.
- Calibración de los detectores de fuego y gas, incluyendo la sincronización del panel de control de los mismos.

- Ensayo de los controladores de lógica programable, operadores secuenciales y sistemas de control neumático.
- Pruebas de lógica de control.
- Operación de los dispositivos de bloqueo (Enclavamientos)

d. Datos a Monitorear y Registrar

- Alarmas y temperatura de Transformadores.
- Datos en Relé.
- Datos en Variador de Frecuencia.
- Datos en Cicloconvertidores.
- Datos en Transformadores de aislación.
- Datos en Gabinete de control.
- Datos en Panel intercambiador de calor Motor Gearless.

Comisionamiento de Instrumentación y Sistemas de Control

a. Objetivo

El objetivo de las pruebas de Comisionamiento de la disciplina de Instrumentación y Sistemas de Control es asegurar que los instrumentos, válvulas y equipos de control asociados al circuito, trabajen en forma integrada y segura (tanto para el personal de

operación como para los equipos), de forma que se garantice una operación continua y confiable de la Planta.

b. Inspección Visual:

- La instalación de instrumentos, válvulas, equipos de control y cables de comunicación y señal, debe estar terminada en forma definitiva.
- Las Pruebas de Pre operaciones deben estar terminadas y documentadas en forma satisfactoria.
- Todos los equipos del sistema de control: servidores, estaciones de operación gabinetes de DCS y comunicación deben estar instalados en forma definitiva y con todas las protecciones eléctricas y mecánicas completas.
- Las salas de control, de servidores y eléctricas deben estar terminadas y con todos los servicios operativos.
- El cableado de Fibra óptica debe estar instalado definitivamente y certificado.
- El cableado de la red de control de proceso debe estar instalado definitivamente y certificado, para garantizar la continuidad de las pruebas de comisionamiento.
- Se deben haber realizado y documentado las pruebas de redundancia de comunicación de los componentes del sistema de control.

- El cableado de redes de campo debe estar instalado definitivamente y certificado, para garantizar la continuidad de las pruebas de comisionamiento.
- Verificación de diagrama de conexión de cada instrumento, válvula y equipo de control hacia DCS.
- Verificación de características, contra Data Sheet, de cada instrumento, válvula y equipo de control.
- Prueba de integración de señales, mapa de señales y visualización de instrumentos, válvulas y equipos de control en DCS.
- Verificación de Lógica de control asociada en DCS para cada instrumento, válvula y equipo de control (Secuencia de Arranque, Permisivos, Enclavamientos de seguridad y de procesos).

c. Pruebas a Desarrollar:

- Prueba de Señales de instrumentos, válvulas y equipos de control.
- Prueba de Lógica de control de Arranque de Motores (Lógica de arranque y las protecciones del Equipo)
- Prueba de Lógica de Control de Arranque de Equipos (Pruebas de Enclavamientos – Secuencias – Regulación de tiempo de respuesta – Verificación de Setpoints y Alarmas) Según Diagramas Lógicos.
- Prueba y Certificación de redes industriales (Foundation Fieldbus, Profibus, Modbus, Ethernet).
- Prueba de redundancia de controladores / Fuentes.

- Prueba de Servicios al Sistema de Control de Procesos (Historizador, Alarmas, Tendencias).
- Pruebas Funcionales de Sistemas de Voz, Data , CCTV.
- Pruebas Funcionales de Sistema de Detección y Extinción de Incendios.
- Prueba de Lógica de Control de Arranque de Sistemas Operables (Pruebas de Enclavamientos – Secuencias – Regulación de tiempo de respuesta – Verificación de Setpoints y Alarmas) Según diseño de Lógica de control.
- Prueba y Sintonización inicial de Lazos de Control.

Comisionamiento de Procesos y Mecánica

a. Objetivo

El objetivo de las pruebas es verificar las instalaciones de manera general, que estas instalaciones estén montadas de acuerdo a diseño y que se correspondan con diseño de procesos establecido.

b. Tareas previas al Arranque con Carga

- Tener todos los permisos de seguridad aprobados, evidencias de que todo el personal tenga conocimiento de los procedimientos

existentes y cuál es el alcance de trabajo y áreas físicas involucradas.

- Verificar que los sistemas auxiliares como agua, aire, etc. estén probados y disponibles. Considerar que los sistemas de lubricación deben estar operativos desde por lo menos 24 horas antes para garantizar una temperatura de aceite adecuada.
- Realizar una inspección visual para verificar que no hayan elementos extraños que interfieran con la operación así como revisar que las guardas se encuentren instaladas y fijadas.
- Verificar que las válvulas, drenajes, venteos, etc. se encuentren en la posición adecuada para el Comisionamiento.
- Personal de apoyo debe estar presente a lo largo del circuito según lo planeado para detectar anomalías en el sistema como ruidos, humo, alta temperatura, vibraciones, desalineamiento, etc.
- Tener en cuenta recomendaciones de los fabricantes para iniciar el arranque.
- Arrancar el circuito en vacío según la secuencia de arranque.
- Se deben registrar los parámetros de Operación de los equipos en los protocolos.
- Realizar la corrida de las bombas en reciclo y chequeo de la operación del motor y la bomba. Se verifica después de esta acción el estado de los engranajes y rodamientos.

c. Comisionamiento Con Mineral

- La puesta en marcha inicia cuando se tiene pasando mineral suficiente por las áreas del Procedimiento N° 2 como para llevar a cabo un proceso continuo, sin interrupciones en lo posible.
- Una vez llegado el relave al cajón distribuidor, este se derivará inicialmente al espesador de relaves. El espesador estará con agua.
- Partir la rastra del espesador.
- Direccione las válvulas para descarga para recirculación, arrancar la bomba para inicio de recirculación.
- Aperturar las válvulas dando al 10%, se inicia el proceso de formación de cama del espesador.
- Incrementar alimentación de carga al 30% luego de 7 horas. Inicio de alimentación de floculante. Continuar con la recirculación de descarga del espesador.
- Aproximadamente al 4to día incremente la alimentación de carga al 80% y floculante.
- Evaluar el cambio al sistema de impulsión de relaves al cajón de relaves, cuando se alcance mayor % de sólidos (50%). En este caso se procede a la limpieza de las líneas de recirculación.
- Evaluar arranque de las bombas de agua recuperada (overflow de espesador), que envían el agua hacia el cajón de agua y pozas de agua fresca de 25,000 m³ cada una.

- Entre el 5to y 6to día regular alimentación de relaves al espesador a su capacidad nominal.
- Si se presenta torque muy elevado de espesador, regular alimentación de carga y si es necesario abrir válvula de drenaje de underflow.
- Continuar con impulsión de relaves al cajón de relaves.
- Abrir la descarga del underflow en operación continua hasta que se forme sólidos 60%. Esta etapa puede tomar varios días.
- Regular alimentación de relaves y floculante al espesador, normalizar los parámetros de operación del espesador, alcanzar % sólidos nominal de relaves en la descarga del espesador.

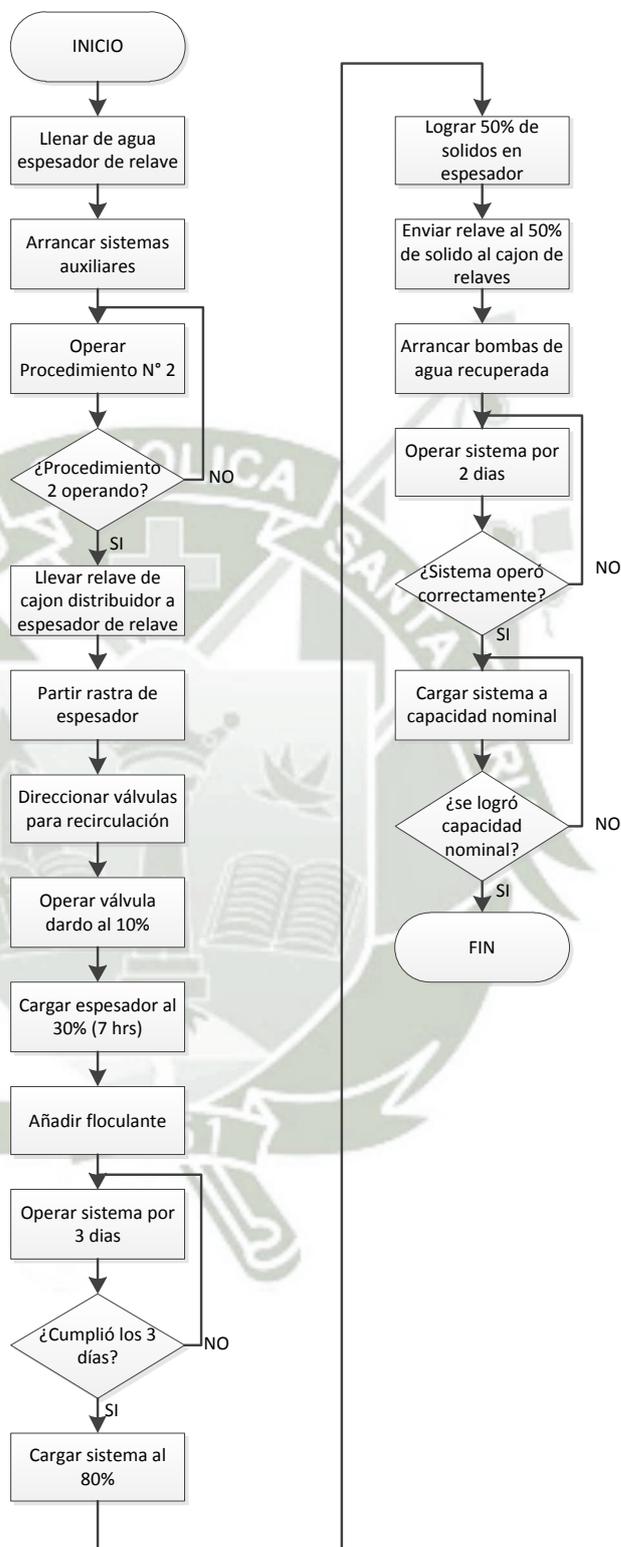
d. Algunas consideraciones sobre el primer arranque de los espesadores con carga.

- Este procedimiento asume que los servicios auxiliares incluyendo el sistema hidráulico, agua de sello y planta de floculantes esta culminado.
- La adición de floculante para el espesador se realizará en función del nivel de lodos en el espesador y la dosis será ajustada por el operador, basado en la medición de la interfaz del espesador.
- La densidad del underflow se obtiene indirectamente midiendo la presión del fondo del espesador. La densidad se regula variando el flujo que se extrae por el fondo del espesador, lo que se logra

abriendo o cerrando una o más de las válvulas ON/OFF que están en la descarga del espesador.

- Asegúrese que los equipos aguas abajo han arrancado en vacío o con agua y están funcionando apropiadamente.
- Setee los parámetros de velocidad y sentido de rotación.
- Asegúrese que el sistema hidráulico está operativo
- Accione los motores del sistema hidráulico
- Setee el controlador de adición de agua al chute al modo Ratio e ingrese el valor deseado. (60 % de sólidos)
- Esté atento a la operación de los cojinetes buscando olores, ruidos y vibraciones anormales.
- Esté atento a la operación del sistema hidráulico y giro de las rastras.
- Seguir las instrucciones y recomendaciones del manual de funcionamiento del espesador de relaves.
- Verificar la presión y flujo del agua de sello.

e. Diagrama de Flujo Procedimiento N° 4



Fuente: Elaboración Propia

PROCEDIMIENTO N° 5

PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE CON CARGA DE ESPESADOR DE CONCENTRADO

Alcance

Este procedimiento es aplicable para el comisionamiento y la Puesta en Marcha de los espesadores de Bulk y concentrado, desde la descarga de la tercera limpieza, bombas Underflow de ambos espesadores en el caso del espesador Bulk hasta la entrada a la planta de Moly y en el caso del espesador de Cobre hasta el tanque de almacenamiento de concentrado, incluye los overflow de los espesadores, poza de emergencia de concentrado.

Descripción De Las Instalaciones

Las espumas que salen de la tercera limpieza llegan al cajón distribuidor desde ahí llega al espesador Cu – Mo donde el overflow pasa hacia el tanque y de ahí es bombeado hacia el cajón de agua recuperada del espesador y a los aspersores para matar la espuma.

El underflow puede ser bombeado hacia el cajón distribuidor de la planta de Moly o recirculado.

Luego de haber pasado por Moly, parte de este concentrado del que ya fue retirado el Molibdeno será bombeado hacia el espesador de cobre donde el overflow se dirige hacia el tanque para luego ser bombeado hacia los espray del espesador y/o al cajón de agua de dilución en Moly.

También serán necesarios los sistemas de adición de floculantes, agua de procesos para el lavado, aire de instrumentación para accionamiento de válvulas y equipos neumáticos.

Los reactivos como el floculante se probarán en un circuito diferente, pero deberá ser requisito para la entrega de la planta completa.

Seguridad

Se deben tomar en cuenta las siguientes recomendaciones de seguridad:

- El área sometida a prueba deberá estar limpia y libre de obstáculos.
- Se debe verificar que esté presente el sistema contra incendios.
- Se debe verificar que estén operativas y probadas las paradas de emergencia de los equipos.
- Solo se intervendrán los equipos pertenecientes al circuito que tienen tarjeta Azul, que indica que el equipo ya ha sido entregado al área de Comisionamiento y que no hay trabajos de construcción o de Pre operaciones pendientes al momento de la ejecución de la Prueba.

- Se deberá recorrer físicamente el sistema completo antes del Comisionamiento y Puesta en Marcha para verificar que ningún personal ajeno a la prueba este cerca. Se emplazará personal a lo largo del circuito a fin de mantener libre de personal no autorizado, se identificarán salidas de escape libres de obstáculos.
- El personal que participará en la prueba debe ser debidamente instruido acerca del trabajo específico que realizará así como tener conocimiento de este procedimiento, matriz de Identificación de Peligros y Evaluación y Control de Riesgos (IPERC); y, Procedimientos Escritos de Trabajo Seguro (PETS) asociados a este trabajo.
- Cada trabajador debe tener una tarea definida a realizar, cada grupo de trabajo deberá realizar su respectivo Análisis de Trabajo Seguro (ATS).
- Los permisos para trabajos críticos (trabajos en caliente, trabajos en altura, izajes, bloqueo, espacios confinados, etc.) así como la seguridad en general seguirá los lineamientos de la empresa.
- De ocurrir cualquier anomalía durante las pruebas tal como ruido excesivo, humo, desalineamiento excesivo, derrames de material o cualquier otro evento que ponga en riesgo a las personas, los equipos o al medio ambiente; se debe detener inmediatamente la prueba y notificar al líder de la prueba.

- Se debe tener una comunicación adecuada entre todo el personal participante, para lo cual se utilizarán radios con un canal exclusivo para las pruebas.
- El liderazgo de las pruebas lo asumen el Superintendente de Procesos, el Superintendente Mecánico o el Gerente de Comisionamiento y Puesta en Marcha, dependiendo de quién esté presente en planta y en el orden de precedencia indicado. Las áreas de Electricidad, Instrumentación y Control actúan como soporte durante las pruebas.
- Es indispensable la participación de personal de Seguridad.

Condiciones Iniciales

Previo al Comisionamiento y Puesta en Marcha con carga, se debe cumplir con lo siguiente:

- Verificar que están todos los planos (última actualización), generados por Construcción y/o Pre Operaciones con la documentación de respaldo correspondiente.
- Todos los trabajos constructivos o de Pre Operaciones deben estar concluidos o serán suspendidos durante las pruebas si se encuentran dentro del área de influencia de equipos en movimiento o material circulante.
- Pre Operaciones debe haber realizado las pruebas Pre-Operacionales y pruebas con agua por circuito y/o simulando operación normal en

forma satisfactoria. Todos los equipos deben haber sido entregados y contar con la Tarjeta Azul que confirma que el área de Comisionamiento tiene la custodia de los mismos.

- Asegurar que los repuestos de ser requeridos estarán disponibles.
- Para el comisionamiento, los equipos críticos contarán con la asesoría de sus respectivos Vendor de la disciplina correspondiente.
- Inspeccionar detalladamente correas y chutes de descarga para detectar elementos, partes y componentes que puedan estar dañados.
- Verificar lubricación de los equipos

Comisionamiento Eléctrico

a. Objetivo

Suministrar energía para Pruebas del Sistema

El Comisionamiento eléctrico comprende la realización de pruebas de funcionamiento y comunicaciones bajo condiciones reales. Ejemplo: energización de líneas y equipos, motores, bombas, compresores, etc.

El objetivo de esta prueba es verificar que los equipos eléctricos del sistema operable de procesos y componentes considerados en el presente procedimiento son aptos para una puesta en servicio segura.

El personal eléctrico brindará el suministro de energía eléctrica a las áreas y equipos requeridos para las pruebas, luego de haber coordinado las actividades con el solicitante. El solicitante debe comunicar al operador electricista de sala, la secuencia de arranque a seguir para poder llevar un control y toma de datos de los parámetros principales en los equipos y registrarlos en sus respectivos protocolos.

b. Inspección Visual

- Verificar que todos los trabajos de instalación de equipos eléctricos se encuentran finalizados.
- Verificar que existe libre acceso a todos los equipos eléctricos de la Sala de fuerza y control correspondiente.
- Todos los Interruptores desbloqueados.
- Verificar que el sistema contra incendios está disponible y operativo en la sala de fuerza y control.
- Verificar que existen equipos de primeros auxilios disponibles.
- Conocer los sistemas de comunicación de emergencia disponibles.
- Certificar que hayan sido ejecutadas las pruebas pre-operacionales y chequeos como pasos previos para autorizar las pruebas como:
 - Inspecciones y pruebas de verificación del adecuado contacto eléctrico y continuidad.
 - Aislamiento.
 - Puestas a tierra.

- Polaridad, secuencia.
- Calibración y ajustes de protecciones y unidad de medidas.
- Dispositivos de control eléctrico.
- Sentidos de rotación.
- Medición y registro de variables eléctricas de cada equipo o sistema.
- Verificar que todos los equipos a ser utilizados para las pruebas de comisionamiento han sido calibrados adecuadamente.

c. Verificaciones del Sistema Eléctrico

Se requiere la verificación de documentos tales como:

- Energización de los equipos de Alta Tensión, Media Tensión y Baja Tensión.
- Ajustes de dispositivos de cortocircuitos e interruptores.
- Dirección de rotación de los motores auxiliares.
- Sistema de protección contra incendio y puesta a tierra.
- Energización y prueba del sistema del control de potencia.
- Realización de las pruebas de funcionamiento de dispositivos de protección, instrumentos eléctricos y dispositivos de seguridad.
- Energización y ensayo de los sistemas de emergencia y control.
- Pruebas de los cargadores de batería, inversores y UPS.

- Corrida de los motores durante 4 horas sin carga (en vacío) con el fin de determinar su correcto funcionamiento.
- Chequeo de la operación de los controles automático y manual.
- Intensidad de la luz normal y de emergencia.
- Calibración de los detectores de fuego y gas, incluyendo la sincronización del panel de control de los mismos.
- Ensayo de los controladores de lógica programable, operadores secuenciales y sistemas de control neumático.
- Pruebas de lógica de control.
- Operación de los dispositivos de bloqueo (Enclavamientos)

d. Datos a Monitorear y Registrar

- Alarmas y temperatura de Transformadores.
- Datos en Relé.
- Datos en Variador de Frecuencia.
- Datos en Cicloconvertidores.
- Datos en Transformadores de aislación.
- Datos en Gabinete de control.
- Datos en Panel intercambiador de calor Motor Gearless.

Comisionamiento De Instrumentación Y Sistemas De Control

a. Objetivo

El objetivo de las pruebas de Comisionamiento de la disciplina de Instrumentación y Sistemas de Control es asegurar que los instrumentos, válvulas y equipos de control asociados al circuito, trabajen en forma integrada y segura (tanto para el personal de operación como para los equipos), de forma que se garantice una operación continua y confiable de la Planta.

b. Inspección Visual

- La instalación de instrumentos, válvulas, equipos de control y cables de comunicación y señal, debe estar terminada en forma definitiva.
- Las Pruebas de Pre operaciones deben estar terminadas y documentadas en forma satisfactoria.
- Todos los equipos del sistema de control: servidores, estaciones de operación gabinetes de DCS y comunicación deben estar instalados en forma definitiva y con todas las protecciones eléctricas y mecánicas completas.
- Las salas de control, de servidores y eléctricas deben estar terminadas y con todos los servicios operativos.

- El cableado de Fibra óptica debe estar instalado definitivamente y certificado.
 - El cableado de la red de control de proceso debe estar instalado definitivamente y certificado, para garantizar la continuidad de las pruebas de comisionamiento.
 - Se deben haber realizado y documentado las pruebas de redundancia de comunicación de los componentes del sistema de control.
 - El cableado de redes de campo debe estar instalado definitivamente y certificado, para garantizar la continuidad de las pruebas de comisionamiento.
 - Verificación de diagrama de conexión de cada instrumento, válvula y equipo de control hacia DCS.
 - Verificación de características, contra Data Sheet, de cada instrumento, válvula y equipo de control.
 - Prueba de integración de señales, mapa de señales y visualización de instrumentos, válvulas y equipos de control en DCS.
- Verificación de Lógica de control asociada en DCS para cada instrumento, válvula y equipo de control (Secuencia de Arranque, Permisivos, Enclavamientos de seguridad y de procesos).

c. Pruebas a Desarrollar:

- Prueba de Señales de instrumentos, válvulas y equipos de control.
- Prueba de Lógica de control de Arranque de Motores (Lógica de arranque y las protecciones del Equipo)
- Prueba de Lógica de Control de Arranque de Equipos (Pruebas de Enclavamientos – Secuencias – Regulación de tiempo de respuesta – Verificación de Setpoints y Alarmas) Según Diagramas Lógicos.
- Prueba y Certificación de redes industriales (Foundation Fieldbus, Profibus, Modbus, Ethernet).
- Prueba de redundancia de controladores / Fuentes.
- Prueba de Servicios al Sistema de Control de Procesos (Historizador, Alarmas, Tendencias).
- Pruebas Funcionales de Sistemas de Voz, Data , CCTV.
- Pruebas Funcionales de Sistema de Detección y Extinción de Incendios.
- Prueba de Lógica de Control de Arranque de Sistemas Operables (Pruebas de Enclavamientos – Secuencias – Regulación de tiempo de respuesta – Verificación de Setpoints y Alarmas) Según diseño de Lógica de control.
- Prueba y Sintonización inicial de Lazos de Control.

Comisionamiento de Procesos y Mecánica

a. Objetivo

El objetivo de las pruebas es verificar las instalaciones de manera general, que estas instalaciones estén montadas de acuerdo a diseño y que se correspondan con diseño de procesos establecido.

b. Tareas previas al Arranque con Carga

- Tener todos los permisos de seguridad aprobados, evidencias de que todo el personal tenga conocimiento de los procedimientos existentes y cuál es el alcance de trabajo y áreas físicas involucradas.
- Verificar que los sistemas auxiliares como agua, aire, etc. estén probados y disponibles. Considerar que los sistemas de lubricación deben estar operativos desde por lo menos 24 horas antes para garantizar una temperatura de aceite adecuada.
- Realizar una inspección visual para verificar que no hayan elementos extraños que interfieran con la operación así como revisar que las guardas se encuentren instaladas y fijadas.
- Verificar que las válvulas, drenajes, venteos, etc. se encuentren en la posición adecuada para el Comisionamiento.

- Personal de apoyo debe estar presente a lo largo del circuito según lo planeado para detectar anomalías en el sistema como ruidos, humo, alta temperatura, vibraciones, desalineamiento, etc.
- Tener en cuenta recomendaciones de los fabricantes para iniciar el arranque.
- Arrancar el circuito en vacío según la secuencia de arranque.
- Se deben registrar los parámetros de Operación de los equipos en los protocolos.
- Realizar la corrida de las bombas en reciclo y chequeo de la operación del motor y la bomba. Se verifica después de esta acción el estado de los engranajes y rodamientos.

c. Comisionamiento con mineral

- La puesta en marcha puede comenzar sólo cuando ya se tiene pasando mineral suficiente por las áreas del Procedimiento 2, 3 y 4, como para llevar a cabo un proceso continuo, sin interrupciones en lo posible.
- El producto de la tercera limpieza es concentrado Cu – Mo
- Este producto pasa al Espesador Cu - Mo
- Luego de adicionar floculantes y agregar agua para matar la espuma, formar la “cama”, el Overflow pasará al tanque para luego ser bombeado para recircularse hacia los sprays del mismo

espesador o hacia el tanque de agua recuperada de concentrado para de ahí pasar a alimentar a la planta de Molibdeno.

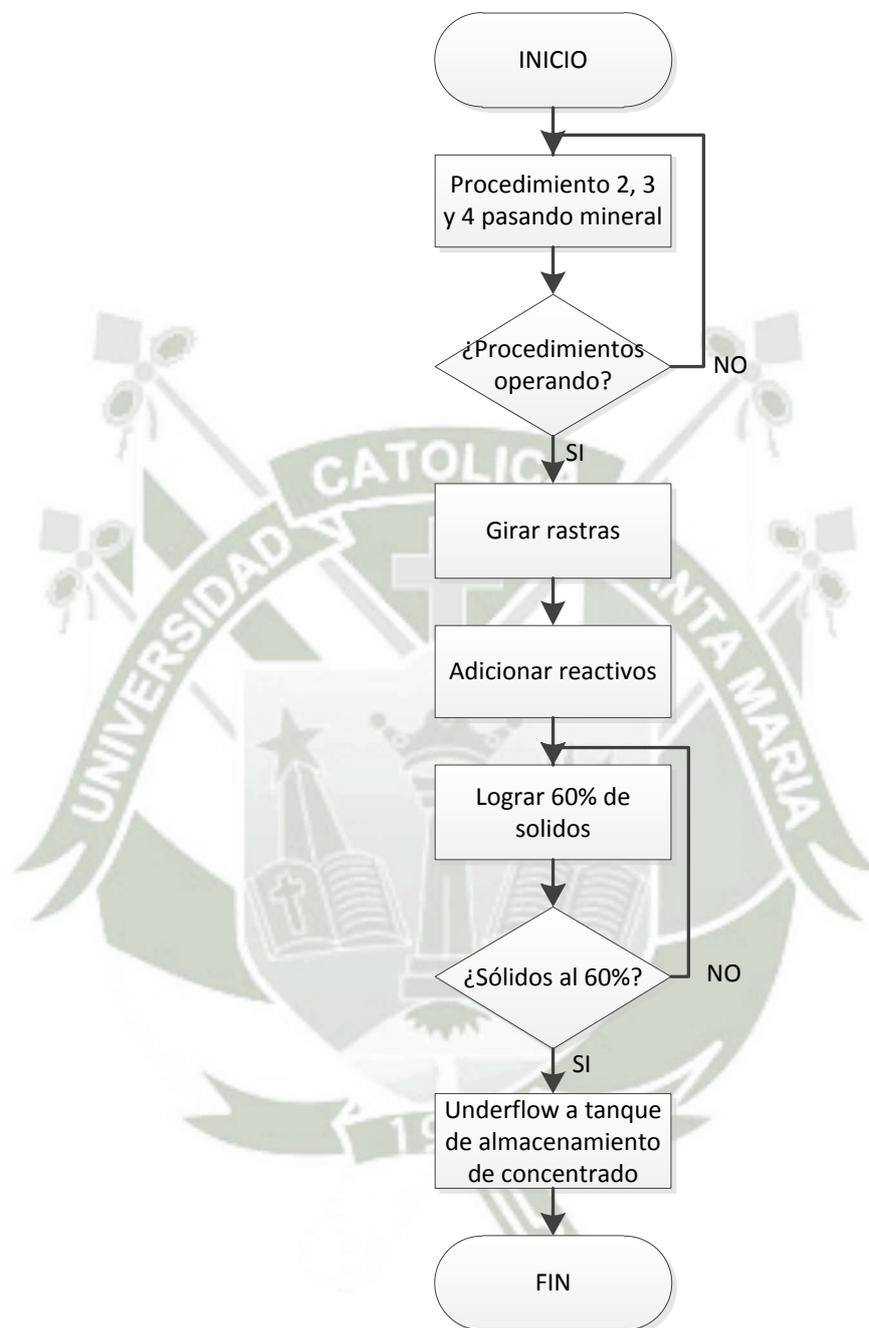
- Se giran las rastras controlando la altura, el sistema hidráulica y el torque de acuerdo a lo especificado por el Vendor.
- El Underflow será bombeado hacia la planta de Moly para poder retirarle este producto.
- Una vez retirado el Molibdeno del concentrado, este pasará al espesador de Concentrado, donde el overflow se envía hacia el tanque que será luego bombeada una parte retornando como spray en el mismo espesador y otra parte va hacia el cajón de agua recuperada.
- Se giran las rastras controlando la altura, el sistema hidráulico y el torque de acuerdo a lo especificado por el Vendor.
- El Underflow del espesador de concentrado se bombea ayudadas por el agua de sello y se envía hacia el tanque de almacenamiento de concentrado.

d. Algunas consideraciones sobre el primer arranque de los espesadores con carga.

- Este procedimiento asume que los servicios auxiliares incluyendo el sistema hidráulico, agua de sello y planta de floculantes están culminados.

- Asegúrese que los equipos aguas abajo han arrancado en vacío o con agua y están funcionando apropiadamente.
- Setee los parámetros de velocidad y sentido de rotación.
- Asegúrese que el sistema hidráulico está operativo.
- Accione los motores del sistema hidráulico.
- Setee el controlador de adición de agua al chute al modo Ratio e ingrese el valor deseado. (60 % de sólidos)
- Esté atento a la operación de los cojinetes buscando olores, ruidos y vibraciones anormales.
- Esté atento a la operación del sistema hidráulico y giro de las rastras.
- Seguir las instrucciones y recomendaciones del manual de funcionamiento del espesador de concentrado.
- Verificar la presión y flujo del agua de sello.

e. Diagrama de Flujo Procedimiento N° 5



Fuente: Elaboración Propia

PROCEDIMIENTO N° 6

PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE CON CARGA DE FLOTACIÓN

Alcance

Este procedimiento es aplicable para el Comisionamiento y la Puesta en Marcha de las instalaciones de Flotación desde los cajones distribuidores, pasando por las celdas de flotación Filas 1 y 2 Rougher, Scavenger pasando por las celdas de primera, segunda y tercera limpieza hasta la descarga de colas de flotación y descarga de tercera limpieza hacia el espesador Bulk.

El overflow de los ciclones pasa hacia los cajones distribuidores y de ahí se reparte hacia las líneas 1 y 2 respectivamente que contienen las celdas de flotación Rougher Scavenger.

El mineral de flota de la línea 1 de las celdas Rougher y Scavenger van al launder para llegar a los Drop box. De la misma manera, el mineral de flota de la línea 2.

El producto de las celdas Rougher bypasea remolienda y es derivado hacia el cajón de alimentación de la Segunda limpieza y a las celdas donde lo flotado va hacia el launder y de ahí es bombeado hacia el cajón de

alimentación de la Tercera limpieza y a las celdas de Tercera limpieza, lo flotado pasará al launder de ahí al sampler para luego mezclarse con Cal y dirigirse hacia el cajón de alimentación del espesador de concentrado.

El producto de las celdas Scavenger bypasea remolienda y es derivado hacia el cajón de alimentación de la Primera limpieza de ahí hacia las celdas de primera limpieza donde el mineral flotado pasará al launder y será bombeado hacia el cajón de alimentación de la Segunda Limpieza y a las celdas donde lo flotado va hacia el launder y de ahí es bombeado hacia el cajón de alimentación de la Tercera limpieza y a las celdas de Tercera limpieza, lo flotado pasará al launder de ahí al sampler para luego mezclarse con Cal y dirigirse hacia el cajón de alimentación del espesador de concentrado.

Las colas de la Primera limpieza se recirculan hacia la limpieza Scavenger.

Las colas de la segunda limpieza se recirculan hacia la primera limpieza.

Las colas de la Tercera limpieza se recirculan hacia la segunda limpieza.

Descripción De Las Instalaciones

Para generar el Comisionamiento y la Puesta en marcha del área de Flotación, se deberá considerar la alimentación a las líneas de pulpa procedentes del área de molienda, las cuales son conducidas gravitacionalmente hacia cajones distribuidores de alimentación Rougher.

El distribuidor de alimentación Rougher distribuye el flujo a las celdas de flotación Rougher y Rougher-Scavenger. Estos equipos son del tipo autoaspiradas, con motores de 250 kW y un tamaño nominal de 257 m³.

La alimentación nominal del circuito de flotación es de 6 341 t/h, (capacidad de diseño) con concentración de 38% de sólidos en peso, generándose un tiempo de residencia aproximado total de 31 minutos. Se realizará la adición de reactivos de acondicionamiento (colector primario, colector secundario y espumante) en la primera y tercera celda de flotación.

La operación normal del circuito de flotación considera que el rango de pH debe ser entre 8 a 10, con un promedio de pH 8,5. Por lo tanto, la pulpa deberá ser acondicionada con cal de acuerdo a requerimientos. Este parámetro es controlado mediante medidores de pH ubicados en la alimentación de cada celda y en la primera celda de limpieza.

Flotación Rougher & Rougher - Scavenger

Las dos primeras celdas de cada fila, corresponden a una flotación de tipo rougher (primaria), (4 filas, 8 celdas de flotación primaria o rougher). Las celdas restantes operan normalmente como celdas Rougher-Scavenger (barrido), no obstante, la tercera y cuarta celda de cada fila puede operar como celda de flotación Rougher, si la operación lo requiere.

Dos tipos de concentrado son colectados separadamente desde la flotación Rougher y Rougher-Scavenger de acuerdo a ley de concentrado de cobre producido. Un concentrado rougher, de alta ley y un concentrado Rougher-Scavenger con una ley inferior.

El concentrado Rougher es recolectado en el estanque, el cual tiene una capacidad de 457m³ con un tiempo de residencia de 26 minutos. Las características de este concentrado son aproximadamente de un 27% sólido de granulometría P80 160 micrones.

Flotación limpieza

La flotación de limpieza se realizará en 3 etapas, distribuidas en flotación de primera, segunda y tercera limpieza, donde el concentrado de cada etapa avanza a limpieza siguiente y las colas retornan a la etapa anterior. Para las colas de la primera limpieza existe una etapa de limpieza Scavenger y su concentrado es recirculado a la alimentación de la primera limpieza y las colas respectivas son conducidas a espesamiento de relaves. El concentrado de la tercera limpieza, se envía al espesador de concentrado Cu- Mo.

Seguridad

Se deben tomar en cuenta las siguientes recomendaciones de seguridad:

- El área sometida a prueba deberá estar limpia y libre de obstáculos.
- Se debe verificar que esté presente el sistema contra incendios.
- Se debe verificar que estén operativas y probadas las paradas de emergencia de los equipos.
- Solo se intervendrán los equipos pertenecientes al circuito que tienen tarjeta Azul, que indica que el equipo ya ha sido entregado al área de Comisionamiento y que no hay trabajos de construcción o de Pre operaciones pendientes al momento de la ejecución de la Prueba.
- Se deberá recorrer físicamente el sistema completo antes del Comisionamiento y Puesta en Marcha para verificar que ningún personal ajeno a la prueba esté cerca. Se emplazará personal a lo largo del circuito a fin de mantener libre de personal no autorizado, se identificarán salidas de escape libres de obstáculos.
- El personal que participará en la prueba debe ser debidamente instruido acerca del trabajo específico que realizará así como tener conocimiento de este procedimiento, matriz de Identificación de Peligros y Evaluación y Control de Riesgos (IPERC); y, Procedimientos Escritos de Trabajo Seguro (PETS) asociados a este trabajo.

- Cada trabajador debe tener una tarea definida a realizar, cada grupo de trabajo deberá realizar su respectivo Análisis de Trabajo Seguro (ATS).
- Los permisos para trabajos críticos (trabajos en caliente, trabajos en altura, izajes, bloqueo, espacios confinados, etc.) así como la seguridad en general seguirá los lineamientos de la empresa.
- De ocurrir cualquier anomalía durante las pruebas tal como ruido excesivo, humo, desalineamiento excesivo, derrames de material o cualquier otro evento que ponga en riesgo a las personas, los equipos o al medio ambiente; se debe detener inmediatamente la prueba y notificar al líder de la prueba.
- Se debe tener una comunicación adecuada entre todo el personal participante, para lo cual se utilizarán radios con un canal exclusivo para las pruebas.
- El liderazgo de las pruebas lo asumen el Superintendente de Procesos, el Superintendente Mecánico o el Gerente de Comisionamiento y Puesta en Marcha, dependiendo de quién esté presente en planta y en el orden de precedencia indicado. Las áreas de Electricidad, Instrumentación y Control actúan como soporte durante las pruebas.
- Es indispensable la participación de personal de Seguridad.

Condiciones Iniciales

Previo al Comisionamiento y Puesta en Marcha con carga, se debe cumplir con lo siguiente:

- Verificar que están todos los planos (última actualización), generados por Construcción y/o Pre Operaciones con la documentación de respaldo correspondiente.
- Todos los trabajos constructivos o de Pre Operaciones deben estar concluidos o serán suspendidos durante las pruebas si se encuentran dentro del área de influencia de equipos en movimiento o material circulante.
- Pre Operaciones debe haber realizado las pruebas Pre-Operacionales y pruebas con agua por circuito y/o simulando operación normal en forma satisfactoria. Todos los equipos deben haber sido entregados y contar con la Tarjeta Azul que confirma que el área de Comisionamiento tiene la custodia de los mismos.
- Asegurar que los repuestos de ser requeridos estarán disponibles.
- Para el comisionamiento, los equipos críticos contarán con la asesoría de sus respectivos Vendor de la disciplina correspondiente.
- Inspeccionar detalladamente correas y chutes de descarga para detectar elementos, partes y componentes que puedan estar dañados.
- Verificar lubricación de los equipos

Comisionamiento Eléctrico

a. Objetivo

Suministrar energía para Pruebas del Sistema

El Comisionamiento eléctrico comprende la realización de pruebas de funcionamiento y comunicaciones bajo condiciones reales. Ejemplo: energización de líneas y equipos, motores, bombas, compresores, etc.

El objetivo de esta prueba es verificar que los equipos eléctricos del sistema operable de procesos y componentes considerados en el presente procedimiento son aptos para una puesta en servicio segura.

El personal eléctrico brindará el suministro de energía eléctrica a las áreas y equipos requeridos para las pruebas, luego de haber coordinado las actividades con el solicitante. El solicitante debe comunicar al operador electricista de sala, la secuencia de arranque a seguir para poder llevar un control y toma de datos de los parámetros principales en los equipos y registrarlos en sus respectivos protocolos.

b. Inspección Visual

- Verificar que todos los trabajos de instalación de equipos eléctricos se encuentran finalizados.
- Verificar que existe libre acceso a todos los equipos eléctricos de la Sala de fuerza y control correspondiente.
- Todos los Interruptores desbloqueados.
- Verificar que el sistema contra incendios está disponible y operativo en la sala de fuerza y control.
- Verificar que existen equipos de primeros auxilios disponibles.
- Conocer los sistemas de comunicación de emergencia disponibles.
- Certificar que hayan sido ejecutadas las pruebas pre-operacionales y chequeos como pasos previos para autorizar las pruebas como:
 - Inspecciones y pruebas de verificación del adecuado contacto eléctrico y continuidad.
 - Aislamiento.
 - Puestas a tierra.
 - Polaridad, secuencia.
 - Calibración y ajustes de protecciones y unidad de medidas.
 - Dispositivos de control eléctrico.
 - Sentidos de rotación.
 - Medición y registro de variables eléctricas de cada equipo o sistema.

- Verificar que todos los equipos a ser utilizados para las pruebas de comisionamiento han sido calibrados adecuadamente.

c. Verificaciones del Sistema Eléctrico

Se requiere la verificación de documentos tales como:

- Energización de los equipos de Alta Tensión, Media Tensión y Baja Tensión.
- Ajustes de dispositivos de cortocircuitos e interruptores.
- Dirección de rotación de los motores auxiliares.
- Sistema de protección contra incendio y puesta a tierra.
- Energización y prueba del sistema del control de potencia.
- Realización de las pruebas de funcionamiento de dispositivos de protección, instrumentos eléctricos y dispositivos de seguridad.
- Energización y ensayo de los sistemas de emergencia y control.
- Pruebas de los cargadores de batería, inversores y UPS.
- Corrida de los motores durante 4 horas sin carga (en vacío) con el fin de determinar su correcto funcionamiento.
- Chequeo de la operación de los controles automático y manual.
- Intensidad de la luz normal y de emergencia.
- Calibración de los detectores de fuego y gas, incluyendo la sincronización del panel de control de los mismos.

- Ensayo de los controladores de lógica programable, operadores secuenciales y sistemas de control neumático.
- Pruebas de lógica de control.
- Operación de los dispositivos de bloqueo (Enclavamientos)

d. Datos a Monitorear y Registrar

- Alarmas y temperatura de Transformadores.
- Datos en Relé.
- Datos en Variador de Frecuencia.
- Datos en Cicloconvertidores.
- Datos en Transformadores de aislación.
- Datos en Gabinete de control.
- Datos en Panel intercambiador de calor Motor Gearless.

Comisionamiento de Instrumentación y Sistemas de Control

a. Objetivo

El objetivo de las pruebas de Comisionamiento de la disciplina de Instrumentación y Sistemas de Control es asegurar que los instrumentos, válvulas y equipos de control asociados al circuito, trabajen en forma integrada y segura (tanto para el personal de

operación como para los equipos), de forma que se garantice una operación continua y confiable de la Planta.

b. Inspección Visual:

- La instalación de instrumentos, válvulas, equipos de control y cables de comunicación y señal, debe estar terminada en forma definitiva.
- Las Pruebas de Pre operaciones deben estar terminadas y documentadas en forma satisfactoria.
- Todos los equipos del sistema de control: servidores, estaciones de operación gabinetes de DCS y comunicación deben estar instalados en forma definitiva y con todas las protecciones eléctricas y mecánicas completas.
- Las salas de control, de servidores y eléctricas deben estar terminadas y con todos los servicios operativos.
- El cableado de Fibra óptica debe estar instalado definitivamente y certificado.
- El cableado de la red de control de proceso debe estar instalado definitivamente y certificado, para garantizar la continuidad de las pruebas de comisionamiento.
- Se deben haber realizado y documentado las pruebas de redundancia de comunicación de los componentes del sistema de control.

- El cableado de redes de campo debe estar instalado definitivamente y certificado, para garantizar la continuidad de las pruebas de comisionamiento.
- Verificación de diagrama de conexión de cada instrumento, válvula y equipo de control hacia DCS.
- Verificación de características, contra Data Sheet, de cada instrumento, válvula y equipo de control.
- Prueba de integración de señales, mapa de señales y visualización de instrumentos, válvulas y equipos de control en DCS.
- Verificación de Lógica de control asociada en DCS para cada instrumento, válvula y equipo de control (Secuencia de Arranque, Permisivos, Enclavamientos de seguridad y de procesos).

c. Pruebas a Desarrollar:

- Prueba de Señales de instrumentos, válvulas y equipos de control.
- Prueba de Lógica de control de Arranque de Motores (Lógica de arranque y las protecciones del Equipo)
- Prueba de Lógica de Control de Arranque de Equipos (Pruebas de Enclavamientos – Secuencias – Regulación de tiempo de respuesta – Verificación de Setpoints y Alarmas) Según Diagramas Lógicos.
- Prueba y Certificación de redes industriales (Foundation Fieldbus, Profibus, Modbus, Ethernet).
- Prueba de redundancia de controladores / Fuentes.

- Prueba de Servicios al Sistema de Control de Procesos (Historizador, Alarmas, Tendencias).
- Pruebas Funcionales de Sistemas de Voz, Data , CCTV.
- Pruebas Funcionales de Sistema de Detección y Extinción de Incendios.
- Prueba de Lógica de Control de Arranque de Sistemas Operables (Pruebas de Enclavamientos – Secuencias – Regulación de tiempo de respuesta – Verificación de Setpoints y Alarmas) Según diseño de Lógica de control.
- Prueba y Sintonización inicial de Lazos de Control.

Comisionamiento de Procesos Y Mecánica

a. Objetivo

El objetivo de las pruebas es verificar las instalaciones de manera general, que estas instalaciones estén montadas de acuerdo a diseño y que se correspondan con diseño de procesos establecido.

b. Tareas previas al Arranque con Carga

- Tener todos los permisos de seguridad aprobados, evidencias de que todo el personal tenga conocimiento de los procedimientos

existentes y cuál es el alcance de trabajo y áreas físicas involucradas.

- Verificar que los sistemas auxiliares como agua, aire, etc. estén probados y disponibles. Considerar que los sistemas de lubricación deben estar operativos desde por lo menos 24 horas antes para garantizar una temperatura de aceite adecuada.
- Realizar una inspección visual para verificar que no hayan elementos extraños que interfieran con la operación así como revisar que las guardas se encuentren instaladas y fijadas.
- Verificar que las válvulas, drenajes, venteos, etc. se encuentren en la posición adecuada para el Comisionamiento.
- Personal de apoyo debe estar presente a lo largo del circuito según lo planeado para detectar anomalías en el sistema como ruidos, humo, alta temperatura, vibraciones, desalineamiento, etc.
- Tener en cuenta recomendaciones de los fabricantes para iniciar el arranque.
- Arrancar el circuito en vacío según la secuencia de arranque.
- Se deben registrar los parámetros de Operación de los equipos en los protocolos.
- Realizar la corrida de las bombas en reciclo y chequeo de la operación del motor y la bomba. Se verifica después de esta acción el estado de los engranajes y rodamientos.

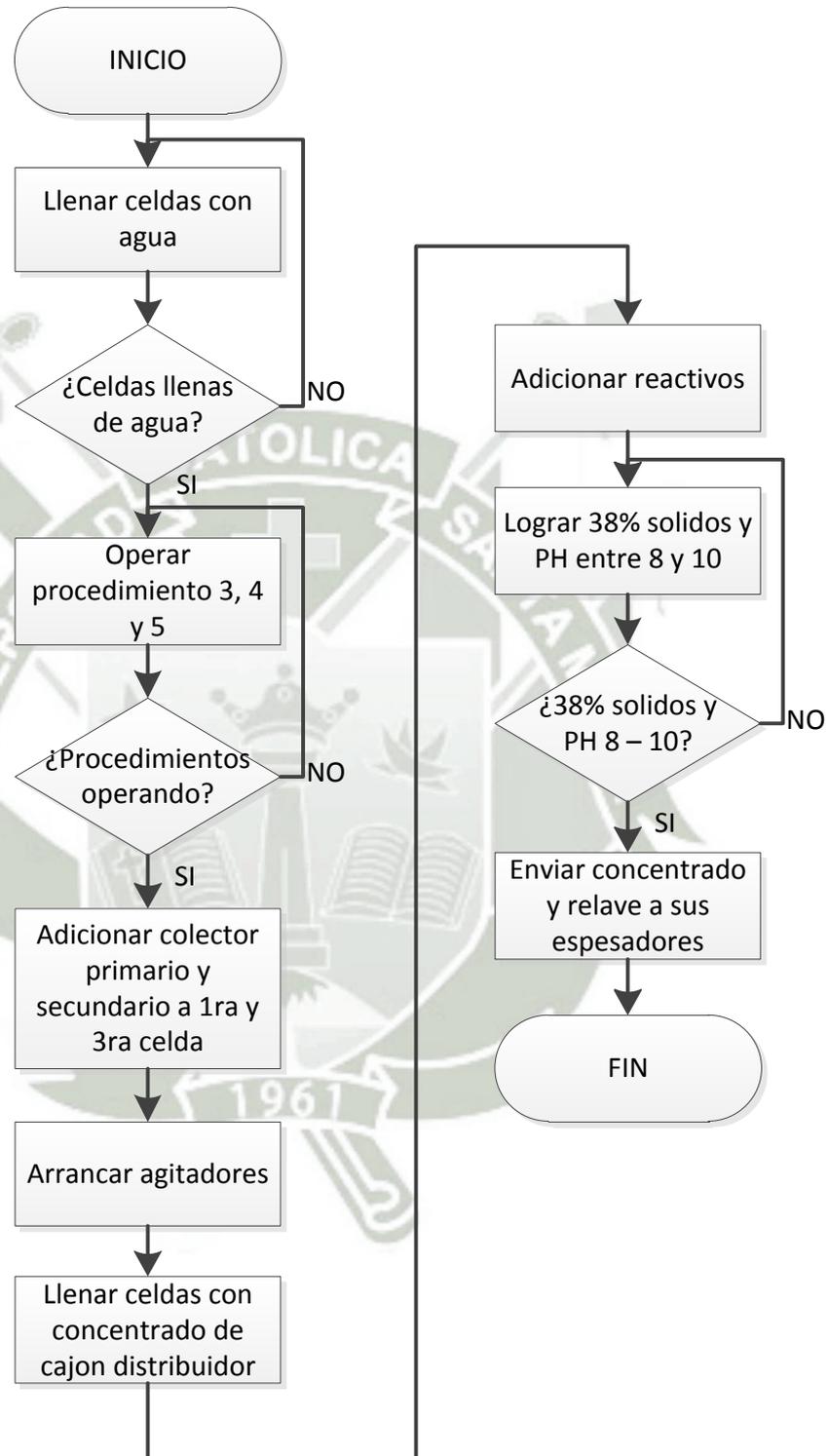
c. Comisionamiento con mineral

- La puesta en marcha inicia cuando se tiene pasando mineral por las áreas del Procedimiento N° 2 suficiente como para llevar a cabo un proceso continuo, sin interrupciones en lo posible.
- Una vez llegado el mineral a los cajones distribuidores, se deriva el mineral que viene del overflow del ciclón y se inicia el llenado de las celdas de flotación inicialmente llenas de agua y con los agitadores funcionando.
- Se llenará en secuencia comenzando desde la celda Rougher 1, 2, Scavenger 3, 4, 5, 6, 7, regulando la carga con ayuda de las válvulas dardo.
- Una vez estabilizados los niveles del sistema se iniciará la adición de reactivos para iniciar la flotación.
- Se bypasean las alimentaciones que van hacia remolienda para poder derivar el flujo hacia las celdas de limpieza.
- De la misma manera se hace pasar y recircular mineral flotado ayudado por las bombas, por las celdas de primera, segunda, tercera y Scavenger para poder retirar los Insolubles de la misma, hasta derivar el producto al espesador de concentrado y el resto derivado al relave.
- Una vez estabilizado el sistema, sus niveles, válvulas, agitadores se procederá a la toma de datos, llenado de protocolos para verificar el correcto funcionamiento de los equipos.

d. Algunas consideraciones sobre el primer arranque de las celdas de flotación y limpieza con carga.

- Este procedimiento asume que los servicios auxiliares incluyendo el sistema de cal, agua de sello y planta de reactivos están operativos.
- La adición de reactivos a las celdas se realizará en función de lo requerido por el flujo y la dosis será ajustada por el operador, basado en la medición realizada por él.
- El operador irá verificando el mineral flotado y que esté de acuerdo a lo planificado de acuerdo a la ley en el laboratorio e ir ajustando de acuerdo a la realidad.
- Asegúrese que los equipos aguas abajo (bombas, válvulas, muestreadores, etc.) han arrancado en vacío o con agua y están funcionando apropiadamente.
- Setee los parámetros de velocidad y sentido de rotación de las bombas.
- Verificar la presión y flujo del agua de sello.

e. Diagrama de Flujo Procedimiento N° 6



Fuente: Elaboración Propia

PROCEDIMIENTO N° 7

PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE CON CARGA DE REACTIVOS

Alcance

Este procedimiento es aplicable para el comisionamiento y la Puesta en Marcha de las instalaciones de:

- **Lechada de Cal:** Desde el silo de cal hasta la distribución de la lechada de cal por medio de las bombas de recirculación.
- **Planta de Floculante:** Desde estanques de almacenamiento de reactivos hasta su distribución por medio de las bombas de dosificación y de circulación a los puntos de adición en el proceso.
- **Colector Primario (Xantato):** Desde estanque de almacenamiento hasta bombas de adición.
- **Frother (MIBC):** Tanque de Almacenamiento hasta bombas de adición.
- **Colector Secundario:** Desde bomba de descarga de camiones de colector secundario hasta bombas de adición de colector secundario.

Descripción De Las Instalaciones

Esta área comprende desde el suministro de reactivos hasta la descarga en los puntos específico en plantas.

Los principales reactivos considerados en planta son: Cal hidratada, Floculante, Espumantes (MIBC), colector primario (Xantato, PAX), colector secundario (MX 945).

El espumante y colector secundario son provistos en camiones aljibes a estanques de almacenamiento de 30 y 60 m³, desde allí alimentan un estanque de 1 m³ que se encuentra ubicado en el sector de flotación. Estos reactivos son distribuidos desde este punto hacia la planta a través de bombas dosificadoras.

El colector principal, es suministrado en estado sólido (pellets), por tanto el diseño contempla un estanque de preparación de 30 m³ de capacidad con agitador y un estanque diario de almacenamiento y distribución de 60 m³ de capacidad, desde donde se transporta gravitacionalmente a un estanque de 1 m³ de capacidad ubicado en el área de flotación y conectado a las bombas dosificadoras. El consumo estimado es de 5,6 ton/día. Con un consumo específico de 40 gr/ton alimentada de mineral.

Floculante en el espesador de concentrado debe ser preparado al 0,3% y luego debe diluirse al 0,01%, su preparación debe ser batch. El consumo promedio es de 10 g/t de mineral fresco a planta.

El floculante para el caso del espesador de relaves debe ser preparado al 0,3% y diluido al 0,03%, su preparación debe ser batch. El consumo de reactivo es de 20 gr/t de mineral alimentado en planta.

La operación de la planta de preparación de lechada de cal se ha conceptualizado de tal forma que opere de manera batch los 365 días por año, a razón de 5 ciclos de preparación para completar el consumo diario de la planta. El diseño contempla un consumo unitario de 0.5 kg/t de mineral en condiciones nominales y 1.0 kg/t en condición de diseño.

La distribución normal de lechada de cal al primer circuito se realiza mediante bombeo y considera la alimentación al molino SAG controlado como una proporción del tonelaje tratado en el molino, la alimentación a los cajones de descarga (overflow) de los ciclones de molienda y cajones de alimentación a los molinos de bolas, controlado por la medición de pH en los cajones muestreadores de rebose de los ciclones. En el segundo circuito, la lechada de cal es alimentada a un estanque de 60 m³ de capacidad neta ubicado en la zona de flotación previa dilución hasta 7% de sólidos, desde donde se realiza la distribución por bombeo hacia la alimentación de remolienda rougher y remolienda rougher-scavenger

(estanques de colección de concentrados), la que es controlada por la medición de pH en la primera celda de segunda y primera limpiezas, respectivamente.

Seguridad

Se deben tomar en cuenta las siguientes recomendaciones de seguridad:

- El área sometida a prueba deberá estar limpia y libre de obstáculos.
- Se debe verificar que esté presente el sistema contra incendios.
- Se debe verificar que estén operativas y probadas las paradas de emergencia de los equipos.
- Solo se intervendrán los equipos pertenecientes al circuito que tienen tarjeta Azul, que indica que el equipo ya ha sido entregado al área de Comisionamiento y que no hay trabajos de construcción o de Pre operaciones pendientes al momento de la ejecución de la Prueba.
- Se deberá recorrer físicamente el sistema completo antes del Comisionamiento y Puesta en Marcha para verificar que ningún personal ajeno a la prueba esté cerca. Se emplazará personal a lo largo del circuito a fin de mantener libre de personal no autorizado, se identificarán salidas de escape libres de obstáculos.
- El personal que participará en la prueba debe ser debidamente instruido acerca del trabajo específico que realizará así como tener conocimiento de este procedimiento, matriz de Identificación de

Peligros y Evaluación y Control de Riesgos (IPERC); y, Procedimientos Escritos de Trabajo Seguro (PETS) asociados a este trabajo.

- Cada trabajador debe tener una tarea definida a realizar, cada grupo de trabajo deberá realizar su respectivo Análisis de Trabajo Seguro (ATS).
- Los permisos para trabajos críticos (trabajos en caliente, trabajos en altura, izajes, bloqueo, espacios confinados, etc.) así como la seguridad en general seguirá los lineamientos de la empresa.
- De ocurrir cualquier anomalía durante las pruebas tal como ruido excesivo, humo, desalineamiento excesivo, derrames de material o cualquier otro evento que ponga en riesgo a las personas, los equipos o al medio ambiente; se debe detener inmediatamente la prueba y notificar al líder de la prueba.
- Se debe tener una comunicación adecuada entre todo el personal participante, para lo cual se utilizarán radios con un canal exclusivo para las pruebas.
- El liderazgo de las pruebas lo asumen el Superintendente de Procesos, el Superintendente Mecánico o el Gerente de Comisionamiento y Puesta en Marcha, dependiendo de quién esté presente en planta y en el orden de precedencia indicado. Las áreas de Electricidad, Instrumentación y Control actúan como soporte durante las pruebas.
- Es indispensable la participación de personal de Seguridad.

Condiciones Iniciales

Previo al Comisionamiento y Puesta en Marcha con carga, se debe cumplir con lo siguiente:

- Verificar que están todos los planos (última actualización), generados por Construcción y/o Pre Operaciones con la documentación de respaldo correspondiente.
- Todos los trabajos constructivos o de Pre Operaciones deben estar concluidos o serán suspendidos durante las pruebas si se encuentran dentro del área de influencia de equipos en movimiento o material circulante.
- Pre Operaciones debe haber realizado las pruebas Pre-Operacionales y pruebas con agua por circuito y/o simulando operación normal en forma satisfactoria. Todos los equipos deben haber sido entregados y contar con la Tarjeta Azul que confirma que el área de Comisionamiento tiene la custodia de los mismos.
- Asegurar que los repuestos de ser requeridos estarán disponibles.
- Para el comisionamiento, los equipos críticos contarán con la asesoría de sus respectivos Vendor de la disciplina correspondiente.
- Inspeccionar detalladamente correas y chutes de descarga para detectar elementos, partes y componentes que puedan estar dañados.
- Verificar lubricación de los equipos

Comisionamiento Eléctrico

a. Objetivo

Suministrar energía para Pruebas del Sistema

El Comisionamiento eléctrico comprende la realización de pruebas de funcionamiento y comunicaciones bajo condiciones reales. Ejemplo: energización de líneas y equipos, motores, bombas, compresores, etc.

El objetivo de esta prueba es verificar que los equipos eléctricos del sistema operable de procesos y componentes considerados en el presente procedimiento son aptos para una puesta en servicio segura.

El personal eléctrico brindará el suministro de energía eléctrica a las áreas y equipos requeridos para las pruebas, luego de haber coordinado las actividades con el solicitante. El solicitante debe comunicar al operador electricista de sala, la secuencia de arranque a seguir para poder llevar un control y toma de datos de los parámetros principales en los equipos y registrarlos en sus respectivos protocolos.

b. Inspección Visual

- Verificar que todos los trabajos de instalación de equipos eléctricos se encuentran finalizados.
- Verificar que existe libre acceso a todos los equipos eléctricos de la Sala de fuerza y control correspondiente.
- Todos los Interruptores desbloqueados.
- Verificar que el sistema contra incendios está disponible y operativo en la sala de fuerza y control.
- Verificar que existen equipos de primeros auxilios disponibles.
- Conocer los sistemas de comunicación de emergencia disponibles.
- Certificar que hayan sido ejecutadas las pruebas pre-operacionales y chequeos como pasos previos para autorizar las pruebas como:
 - Inspecciones y pruebas de verificación del adecuado contacto eléctrico y continuidad.
 - Aislamiento.
 - Puestas a tierra.
 - Polaridad, secuencia.
 - Calibración y ajustes de protecciones y unidad de medidas.
 - Dispositivos de control eléctrico.
 - Sentidos de rotación.
 - Medición y registro de variables eléctricas de cada equipo o sistema.

- Verificar que todos los equipos a ser utilizados para las pruebas de comisionamiento han sido calibrados adecuadamente.

c. Verificaciones del Sistema Eléctrico

Se requiere la verificación de documentos tales como:

- Energización de los equipos de Alta Tensión, Media Tensión y Baja Tensión.
- Ajustes de dispositivos de cortocircuitos e interruptores.
- Dirección de rotación de los motores auxiliares.
- Sistema de protección contra incendio y puesta a tierra.
- Energización y prueba del sistema del control de potencia.
- Realización de las pruebas de funcionamiento de dispositivos de protección, instrumentos eléctricos y dispositivos de seguridad.
- Energización y ensayo de los sistemas de emergencia y control.
- Pruebas de los cargadores de batería, inversores y UPS.
- Corrida de los motores durante 4 horas sin carga (en vacío) con el fin de determinar su correcto funcionamiento.
- Chequeo de la operación de los controles automático y manual.
- Intensidad de la luz normal y de emergencia.
- Calibración de los detectores de fuego y gas, incluyendo la sincronización del panel de control de los mismos.

- Ensayo de los controladores de lógica programable, operadores secuenciales y sistemas de control neumático.
- Pruebas de lógica de control.
- Operación de los dispositivos de bloqueo (Enclavamientos).

d. Datos a Monitorear y Registrar

- Alarmas y temperatura de Transformadores.
- Datos en Relé.
- Datos en Variador de Frecuencia.
- Datos en Cicloconvertidores.
- Datos en Transformadores de aislación.
- Datos en Gabinete de control.
- Datos en Panel intercambiador de calor Motor Gearless.

Comisionamiento de Instrumentación y Sistemas de Control

a. Objetivo

El objetivo de las pruebas de Comisionamiento de la disciplina de Instrumentación y Sistemas de Control es asegurar que los instrumentos, válvulas y equipos de control asociados al circuito, trabajen en forma integrada y segura (tanto para el personal de

operación como para los equipos), de forma que se garantice una operación continua y confiable de la Planta.

b. Inspección Visual

- La instalación de instrumentos, válvulas, equipos de control y cables de comunicación y señal, debe estar terminada en forma definitiva.
- Las Pruebas de Pre operaciones deben estar terminadas y documentadas en forma satisfactoria.
- Todos los equipos del sistema de control: servidores, estaciones de operación gabinetes de DCS y comunicación deben estar instalados en forma definitiva y con todas las protecciones eléctricas y mecánicas completas.
- Las salas de control, de servidores y eléctricas deben estar terminadas y con todos los servicios operativos.
- El cableado de Fibra óptica debe estar instalado definitivamente y certificado.
- El cableado de la red de control de proceso debe estar instalado definitivamente y certificado, para garantizar la continuidad de las pruebas de comisionamiento.
- Se deben haber realizado y documentado las pruebas de redundancia de comunicación de los componentes del sistema de control.

- El cableado de redes de campo debe estar instalado definitivamente y certificado, para garantizar la continuidad de las pruebas de comisionamiento.
 - Verificación de diagrama de conexión de cada instrumento, válvula y equipo de control hacia DCS.
 - Verificación de características, contra Data Sheet, de cada instrumento, válvula y equipo de control.
 - Prueba de integración de señales, mapa de señales y visualización de instrumentos, válvulas y equipos de control en DCS.
- Verificación de Lógica de control asociada en DCS para cada instrumento, válvula y equipo de control (Secuencia de Arranque, Permisivos, Enclavamientos de seguridad y de procesos).

c. Pruebas a Desarrollar:

- Prueba de Señales de instrumentos, válvulas y equipos de control.
- Prueba de Lógica de control de Arranque de Motores (Lógica de arranque y las protecciones del Equipo)
- Prueba de Lógica de Control de Arranque de Equipos (Pruebas de Enclavamientos – Secuencias – Regulación de tiempo de respuesta – Verificación de Setpoints y Alarmas) Según Diagramas Lógicos.
- Prueba y Certificación de redes industriales (Foundation Fieldbus, Profibus, Modbus, Ethernet).
- Prueba de redundancia de controladores / Fuentes.

- Prueba de Servicios al Sistema de Control de Procesos (Historizador, Alarmas, Tendencias).
- Pruebas Funcionales de Sistemas de Voz, Data , CCTV.
- Pruebas Funcionales de Sistema de Detección y Extinción de Incendios.
- Prueba de Lógica de Control de Arranque de Sistemas Operables (Pruebas de Enclavamientos – Secuencias – Regulación de tiempo de respuesta – Verificación de Setpoints y Alarmas) Según diseño de Lógica de control.
- Prueba y Sintonización inicial de Lazos de Control.

Comisionamiento de Procesos y Mecánica

a. Objetivo

El objetivo de las pruebas es verificar las instalaciones de manera general, que estas instalaciones estén montadas de acuerdo a diseño y que se correspondan con diseño de procesos establecido.

b. Tareas Previas al Arranque con Carga

- Tener todos los permisos de seguridad aprobados, evidencias de que todo el personal tenga conocimiento de los procedimientos

existentes y cuál es el alcance de trabajo y áreas físicas involucradas.

- Verificar que los sistemas auxiliares como agua, aire, etc. estén probados y disponibles. Considerar que los sistemas de lubricación deben estar operativos desde por lo menos 24 horas antes para garantizar una temperatura de aceite adecuada.
- Realizar una inspección visual para verificar que no hayan elementos extraños que interfieran con la operación así como revisar que las guardas se encuentren instaladas y fijadas.
- Verificar que las válvulas, drenajes, venteos, etc. se encuentren en la posición adecuada para el Comisionamiento.
- Personal de apoyo debe estar presente a lo largo del circuito según lo planeado para detectar anomalías en el sistema como ruidos, humo, alta temperatura, vibraciones, desalineamiento, etc.
- Tener en cuenta recomendaciones de los fabricantes para iniciar el arranque.
- Arrancar el circuito en vacío según la secuencia de arranque.
- Se deben registrar los parámetros de Operación de los equipos en los protocolos.
- Realizar la corrida de las bombas en reciclo y chequeo de la operación del motor y la bomba. Se verifica después de esta acción el estado de los engranajes y rodamientos.

c. Comisionamiento de Reactivos

- La preparación de Cal, se realizará en el estanque agitado, la adición se puede realizar de dos modos:
 - Mediante un tornillo alimentador desde los silos de cal.
 - Mediante sacos vertidos por un operador de terreno.
- El control de agua hacia el estanque agitado trabajará en proporción con la cal suministrada.
- La cal preparada se enviará hacia el estanque de almacenamiento agitado mediante una bomba de velocidad fija.
- A través del bombeo con velocidad fija desde el estanque de almacenamiento se distribuirá la cal hacia la batería de ciclones, molienda y flotación.
- Se mantendrá un control de presión con acción directa a través de válvulas de recirculación hacia el estanque de almacenamiento, esto es las válvulas abren para disminuir la presión. Dicho control mantendrá una apertura mínima de las válvulas.
- Esta área del proceso será controlada y supervisada desde la Sala de Control Central, ubicada en el edificio de molienda, la cual tendrá acceso a realizar todo el control por medio de estaciones de operación OWS pertenecientes al sistema de control de proceso PCS.

- El operador de molienda tendrá la capacidad de arrancar y detener equipos en forma individual o en secuencias de arranque y detención en forma agrupada.
- Colector primario o xanthato: Se prepara por lotes en estanque de preparación, utilizando sacos de xanthato y agua. Luego se traspa al estanque de distribución, desde donde se bombea a un circuito de distribución, a través de bombas dosificadoras para sus diferentes consumos.
- Colector secundario: Se recibe desde camión un estanque, desde el cual se bombea al estanque de distribución. Desde allí se distribuye por gravedad a bombas dosificadoras para sus diferentes consumos.
- Espumante MIBC. Se recibe desde camión en un estanque, desde el cual se bombea al estanque de distribución. Desde allí se distribuye por gravedad a bombas dosificadoras para sus diferentes consumos.
- Floculante. La preparación de floculante esta descrita en filosofía de control del proveedor, y termina con el bombeo a los estanque de almacenamiento. Dado que el control de la preparación también se hace en el Sistema de Control de planta (PCS), sí se incluyen detalles en diagramas lógicos. El floculante preparado se almacena en estanque de distribución, desde donde se impulsa al concentrador de cobre, a través de bomba de desplazamiento positivo de velocidad variable, agregando agua para dilución.

PROCEDIMIENTO N° 8

PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE CON CARGA DE LA PLANTA DE FILTROS

Alcance

Este procedimiento es aplicable para el comisionamiento y la Puesta en Marcha de las instalaciones de Filtrado, desde el tanque de alimentación de concentrado Cu hasta el área de despacho de concentrado seco, esto incluye bombas, filtros, fajas transportadores, almacén y los sistemas de aire, agua, lubricación, hidráulicos, puentes grúa, etc.

Descripción De Las Instalaciones

El área de filtrado está diseñado para poder procesar 2798 T/d de concentrado con los 03 equipos de filtros de prensa de 54 placas. El concentrado se recibe desde el espesador de concentrado de Cu en el tanque de alimentación, desde este tanque mediante las bombas se envía el concentrado hacia cada uno de los filtros de prensa, el overflow del tanque se recircula entre la poza de colección y el tanque mediante la bomba sumergible, la diferencia se envía hacia la poza de emergencia de concentrado. El concentrado procesado en los filtros se receptiona en las fajas las cuales descargan en la faja que transporta el concentrado seco

hacia el almacén de concentrado el cual tiene una capacidad de almacenamiento de 20000 T de concentrado seco.

Desde el almacén de concentrado seco se envía mediante la faja hacia el área de despacho en donde se podrán despachar 02 camiones a la vez con una capacidad de carga de hasta 30T.

Seguridad

Se deben tomar en cuenta las siguientes recomendaciones de seguridad:

- El área sometida a prueba deberá estar limpia y libre de obstáculos.
- Se debe verificar que esté presente el sistema contra incendios.
- Se debe verificar que estén operativas y probadas las paradas de emergencia de los equipos.
- Solo se intervendrán los equipos pertenecientes al circuito que tienen tarjeta Azul, que indica que el equipo ya ha sido entregado al área de Comisionamiento y que no hay trabajos de construcción o de Pre operaciones pendientes al momento de la ejecución de la Prueba.
- Se deberá recorrer físicamente el sistema completo antes del Comisionamiento y Puesta en Marcha para verificar que ningún personal ajeno a la prueba este cerca. Se emplazará personal a lo largo del circuito a fin de mantener libre de personal no autorizado, se identificarán salidas de escape libres de obstáculos.

- El personal que participará en la prueba debe ser debidamente instruido acerca del trabajo específico que realizará así como tener conocimiento de este procedimiento, matriz de Identificación de Peligros y Evaluación y Control de Riesgos (IPERC); y, Procedimientos Escritos de Trabajo Seguro (PETS) asociados a este trabajo.
- Cada trabajador debe tener una tarea definida a realizar, cada grupo de trabajo deberá realizar su respectivo Análisis de Trabajo Seguro (ATS).
- Los permisos para trabajos críticos (trabajos en caliente, trabajos en altura, izajes, bloqueo, espacios confinados, etc.) así como la seguridad en general seguirá los lineamientos de la empresa.
- De ocurrir cualquier anomalía durante las pruebas tal como ruido excesivo, humo, desalineamiento excesivo, derrames de material o cualquier otro evento que ponga en riesgo a las personas, los equipos o al medio ambiente; se debe detener inmediatamente la prueba y notificar al líder de la prueba.
- Se debe tener una comunicación adecuada entre todo el personal participante, para lo cual se utilizarán radios con un canal exclusivo para las pruebas.
- El liderazgo de las pruebas lo asumen el Superintendente de Procesos, el Superintendente Mecánico o el Gerente de Comisionamiento y Puesta en Marcha, dependiendo de quién esté presente en planta y en

el orden de precedencia indicado. Las áreas de Electricidad, Instrumentación y Control actúan como soporte durante las pruebas.

- Es indispensable la participación de personal de Seguridad.

Condiciones Iniciales

Previo al Comisionamiento y Puesta en Marcha con carga, se debe cumplir con lo siguiente:

- Verificar que están todos los planos (última actualización), generados por Construcción y/o Pre Operaciones con la documentación de respaldo correspondiente.
- Todos los trabajos constructivos o de Pre Operaciones deben estar concluidos o serán suspendidos durante las pruebas si se encuentran dentro del área de influencia de equipos en movimiento o material circulante.
- Pre Operaciones debe haber realizado las pruebas Pre-Operacionales y pruebas con agua por circuito y/o simulando operación normal en forma satisfactoria. Todos los equipos deben haber sido entregados y contar con la Tarjeta Azul que confirma que el área de Comisionamiento tiene la custodia de los mismos.
- Asegurar que los repuestos de ser requeridos estarán disponibles.
- Para el comisionamiento, los equipos críticos contarán con la asesoría de sus respectivos Vendor de la disciplina correspondiente.

- Inspeccionar detalladamente correas y chutes de descarga para detectar elementos, partes y componentes que puedan estar dañados.
- Verificar lubricación de los equipos

Comisionamiento Eléctrico

a. Objetivo

Suministrar energía para Pruebas del Sistema

El Comisionamiento eléctrico comprende la realización de pruebas de funcionamiento y comunicaciones bajo condiciones reales. Ejemplo: energización de líneas y equipos, motores, bombas, compresores, etc.

El objetivo de esta prueba es verificar que los equipos eléctricos del sistema operable de procesos y componentes considerados en el presente procedimiento son aptos para una puesta en servicio segura.

El personal eléctrico brindará el suministro de energía eléctrica a las áreas y equipos requeridos para las pruebas, luego de haber coordinado las actividades con el solicitante. El solicitante debe comunicar al operador electricista de sala, la secuencia de arranque a seguir para poder llevar un control y toma de datos de los parámetros principales en los equipos y registrarlos en sus respectivos protocolos.

b. Inspección Visual

- Verificar que todos los trabajos de instalación de equipos eléctricos se encuentran finalizados.
- Verificar que existe libre acceso a todos los equipos eléctricos de la Sala de fuerza y control correspondiente.
- Todos los Interruptores desbloqueados.
- Verificar que el sistema contra incendios está disponible y operativo en la sala de fuerza y control.
- Verificar que existen equipos de primeros auxilios disponibles.
- Conocer los sistemas de comunicación de emergencia disponibles.
- Certificar que hayan sido ejecutadas las pruebas pre-operacionales y chequeos como pasos previos para autorizar las pruebas como:
 - Inspecciones y pruebas de verificación del adecuado contacto eléctrico y continuidad.
 - Aislamiento.
 - Puestas a tierra.
 - Polaridad, secuencia.
 - Calibración y ajustes de protecciones y unidad de medidas.
 - Dispositivos de control eléctrico.
 - Sentidos de rotación.
 - Medición y registro de variables eléctricas de cada equipo o sistema.

- Verificar que todos los equipos a ser utilizados para las pruebas de comisionamiento han sido calibrados adecuadamente.

c. Verificaciones del Sistema Eléctrico

Se requiere la verificación de documentos tales como:

- Energización de los equipos de Alta Tensión, Media Tensión y Baja Tensión.
- Ajustes de dispositivos de cortocircuitos e interruptores.
- Dirección de rotación de los motores auxiliares.
- Sistema de protección contra incendio y puesta a tierra.
- Energización y prueba del sistema del control de potencia.
- Realización de las pruebas de funcionamiento de dispositivos de protección, instrumentos eléctricos y dispositivos de seguridad.
- Energización y ensayo de los sistemas de emergencia y control.
- Pruebas de los cargadores de batería, inversores y UPS.
- Corrida de los motores durante 4 horas sin carga (en vacío) con el fin de determinar su correcto funcionamiento.
- Chequeo de la operación de los controles automático y manual.
- Intensidad de la luz normal y de emergencia.
- Calibración de los detectores de fuego y gas, incluyendo la sincronización del panel de control de los mismos.

- Ensayo de los controladores de lógica programable, operadores secuenciales y sistemas de control neumático.
- Pruebas de lógica de control.
- Operación de los dispositivos de bloqueo (Enclavamientos)

d. Datos a Monitorear y Registrar

- Alarmas y temperatura de Transformadores.
- Datos en Relé.
- Datos en Variador de Frecuencia.
- Datos en Cicloconvertidores.
- Datos en Transformadores de aislación.
- Datos en Gabinete de control.
- Datos en Panel intercambiador de calor Motor Gearless.

Comisionamiento de Instrumentación & Sistema De Control

a. Objetivo

El objetivo de las pruebas de Comisionamiento de la disciplina de Instrumentación y Sistemas de Control es asegurar que los instrumentos, válvulas y equipos de control asociados al circuito, trabajen en forma integrada y segura (tanto para el personal de

operación como para los equipos), de forma que se garantice una operación continua y confiable de la Planta.

b. Inspección Visual:

- La instalación de instrumentos, válvulas, equipos de control y cables de comunicación y señal, debe estar terminada en forma definitiva.
- Las Pruebas de Pre operaciones deben estar terminadas y documentadas en forma satisfactoria.
- Todos los equipos del sistema de control: servidores, estaciones de operación gabinetes de DCS y comunicación deben estar instalados en forma definitiva y con todas las protecciones eléctricas y mecánicas completas.
- Las salas de control, de servidores y eléctricas deben estar terminadas y con todos los servicios operativos.
- El cableado de Fibra óptica debe estar instalado definitivamente y certificado.
- El cableado de la red de control de proceso debe estar instalado definitivamente y certificado, para garantizar la continuidad de las pruebas de comisionamiento.
- Se deben haber realizado y documentado las pruebas de redundancia de comunicación de los componentes del sistema de control.

- El cableado de redes de campo debe estar instalado definitivamente y certificado, para garantizar la continuidad de las pruebas de comisionamiento.
- Verificación de diagrama de conexión de cada instrumento, válvula y equipo de control hacia DCS.
- Verificación de características, contra Data Sheet, de cada instrumento, válvula y equipo de control.
- Prueba de integración de señales, mapa de señales y visualización de instrumentos, válvulas y equipos de control en DCS.
- Verificación de Lógica de control asociada en DCS para cada instrumento, válvula y equipo de control (Secuencia de Arranque, Permisivos, Enclavamientos de seguridad y de procesos).

c. Pruebas a Desarrollar:

- Prueba de Señales de instrumentos, válvulas y equipos de control.
- Prueba de Lógica de control de Arranque de Motores (Lógica de arranque y las protecciones del Equipo)
- Prueba de Lógica de Control de Arranque de Equipos (Pruebas de Enclavamientos – Secuencias – Regulación de tiempo de respuesta – Verificación de Setpoints y Alarmas) Según Diagramas Lógicos.
- Prueba y Certificación de redes industriales (Foundation Fieldbus, Profibus, Modbus, Ethernet).
- Prueba de redundancia de controladores / Fuentes.

- Prueba de Servicios al Sistema de Control de Procesos (Historizador, Alarmas, Tendencias).
- Pruebas Funcionales de Sistemas de Voz, Data , CCTV.
- Pruebas Funcionales de Sistema de Detección y Extinción de Incendios.
- Prueba de Lógica de Control de Arranque de Sistemas Operables (Pruebas de Enclavamientos – Secuencias – Regulación de tiempo de respuesta – Verificación de Setpoints y Alarmas) Según diseño de Lógica de control.
- Prueba y Sintonización inicial de Lazos de Control.

Comisionamiento de Procesos y Mecánica

a. Objetivo

El objetivo de las pruebas es verificar las instalaciones de manera general, que estas instalaciones estén montadas de acuerdo a diseño y que se correspondan con diseño de procesos establecido.

b. Tareas Previas al Arranque con Carga

- Tener todos los permisos de seguridad aprobados, evidencias de que todo el personal tenga conocimiento de los procedimientos

existentes y cuál es el alcance de trabajo y áreas físicas involucradas.

- Verificar que los sistemas auxiliares como agua, aire, etc. estén probados y disponibles. Considerar que los sistemas de lubricación deben estar operativos desde por lo menos 24 horas antes para garantizar una temperatura de aceite adecuada.
- Realizar una inspección visual para verificar que no hayan elementos extraños que interfieran con la operación así como revisar que las guardas se encuentren instaladas y fijadas.
- Verificar que las válvulas, drenajes, venteos, etc. se encuentren en la posición adecuada para el Comisionamiento.
- Personal de apoyo debe estar presente a lo largo del circuito según lo planeado para detectar anomalías en el sistema como ruidos, humo, alta temperatura, vibraciones, desalineamiento, etc.
- Tener en cuenta recomendaciones de los fabricantes para iniciar el arranque.
- Arrancar el circuito en vacío según la secuencia de arranque.
- Se deben registrar los parámetros de Operación de los equipos en los protocolos.
- Realizar la corrida de las bombas en reciclo y chequeo de la operación del motor y la bomba. Se verifica después de esta acción el estado de los engranajes y rodamientos.

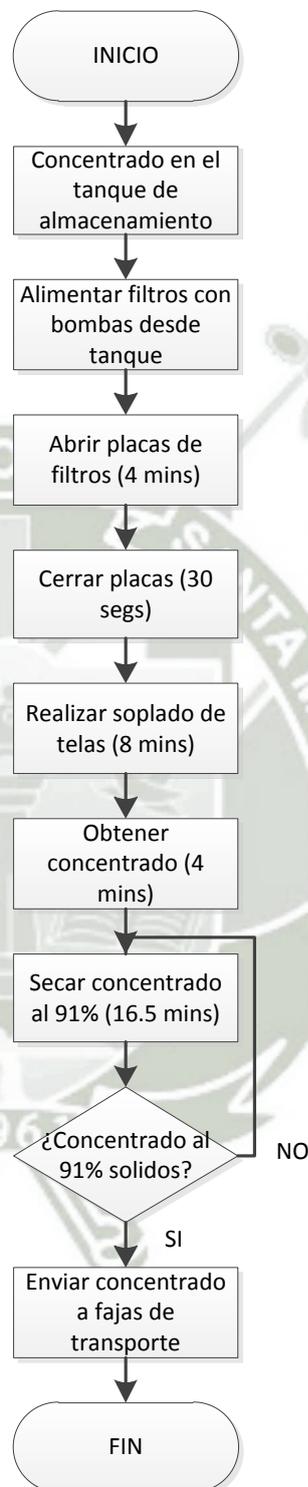
c. Comisionamiento con Mineral.

- La puesta en marcha del área de Filtrado se iniciará cuando se tenga almacenado concentrado de Cu en el tanque.
- El sistema de aire, agua de procesos y de sello deben estar operativos.
- Se debe alimentar de concentrado al filtro mediante la operación de la bomba con un flujo de Pulpa de 33 m³/h, y 65% de sólidos.
- Se inicia el proceso de filtrado según el procedimiento de Metso. Se debe tener las placas del filtro abiertas para el ingreso del concentrado este proceso según diseño debe durar 4 minutos, luego se cierran las placas del filtros por un tiempo aproximado de 30 segundos. El soplado de las telas se realiza por un lapso de 8 minutos, el sistema de aire debe asegurar una presión de 1040 Kpa.
- El proceso final para obtener el concentrado seco debe culminarse en 4 minutos aproximadamente. El tiempo de un ciclo de secado según diseño es de 16.5 minutos. El sistema debe ser ajustado para poder alcanzar estos tiempos. El agua recuperada del proceso será envía al espesador de Concentrado de Cu mediante las bombas.
- Luego del ciclo de secado, el concentrado seco (91% de solidos) caerá sobre la faja receptora (0.4m/s) el cual descargara en la faja de transporte de concentrado (1m/s) que transportara el concentrado seco hacia el almacén de concentrado (cap. 20 000 T).

- El mismo procedimiento se seguirá cuando se trabaje con los filtros.
- En el área de almacenamiento se podrán en servicio los colectores de polvo de acuerdo a la polución.
- Con el apoyo de 02 montacargas se colocará el concentrado seco en los chutes para poder descargar en la faja. Esta faja transportara el concentrado hasta la tolva de despacho el cual cuenta con 04 puntos de descarga hacia los camiones.
- Se cuentan con las balanzas en el punto de descarga de concentrado y para el peso de los camiones.



d. Diagrama de flujo Procedimiento N° 8



Fuente: Elaboración Propia

PROCEDIMIENTO N° 9

PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE CON CARGA DE CHANCADOR PEBBLES

Alcance

Este procedimiento es aplicable para el comisionamiento y la Puesta en Marcha de las instalaciones de Pebbles, comprendidos entre la descarga del rechazo del harnero del molino SAG hasta la descarga del mineral chancado a la correa que retorna al molino SAG, a través del chute de descarga de chancado de Pebbles.

En esta área también incluye las correas colectoras de Pebbles que llevará los Pebbles hasta el stock pile, las correas de alimentación a las Chancadoras de Pebbles con sus dos respectivas tolvas y la correa de descarga de las Chancadoras de Pebbles.

Descripción De Las Instalaciones

Los pebbles generados por los molinos SAG, es descargado a los chutes de las zarandas. El mineral se colecta a través de las fajas de 48", con una capacidad de 1.961 t/h. La faja colectoras de pebbles cuenta con dos pesómetros, además de tres separadores magnéticos para evitar que pasen metales hacia los chancadores de pebbles y los pueda dañar. El mineral

pebbles es transferido a la faja de 48” con una capacidad de 1.961 t/h, a través del chute de transferencia hacia el stock pile de 1.750 t de capacidad viva. El mineral es alimentado a través de los chutes a las fajas de alimentación de velocidad variable de 36” con una capacidad de 696 t/h. Cada una de estas fajas cuenta con un detector de metales, estos detectores cada vez que censan el metal mandan a abrir la compuerta de by pass enviando el material inchancable directo a la faja sin triturar hasta los molinos SAG a través de los chutes. El mineral es transportado por las fajas y alimentado a las chancadoras por medio de los chutes de alimentación. El mineral chancado es descargado directamente a la faja que posee una capacidad de 2.188 t/h y ésta a su vez descarga los pebbles chancados a la tolva de transferencia. La faja cuenta con un pesómetro para medir el tonelaje de material triturado por las chancadoras de pebbles. A su vez, los pebbles chancados y contenidos en la tolva de transferencia son descargados a las fajas de 48” con una capacidad de 1.219 t/h cada una, para finalmente retornar a la molienda SAG.

El balance de la planta ha considerado una generación nominal de pebbles equivalente al 25% de la alimentación nominal fresca de la planta, con un esquema operacional de 365 días por año, 24 horas por día y 85% de disponibilidad. En la condición de diseño del sistema de transporte de pebbles se ha considerado una capacidad equivalente al 30% de generación de pebbles a partir de la alimentación fresca nominal de la Planta

Concentradora, con el objetivo de absorber la fluctuación de la dureza del mineral o las fluctuaciones de operación del circuito.

Seguridad

Se deben tomar en cuenta las siguientes recomendaciones de seguridad:

- El área sometida a prueba deberá estar limpia y libre de obstáculos.
- Se debe verificar que esté presente el sistema contra incendios.
- Se debe verificar que estén operativas y probadas las paradas de emergencia de los equipos.
- Solo se intervendrán los equipos pertenecientes al circuito que tienen tarjeta Azul, que indica que el equipo ya ha sido entregado al área de Comisionamiento y que no hay trabajos de construcción o de Pre operaciones pendientes al momento de la ejecución de la Prueba.
- Se deberá recorrer físicamente el sistema completo antes del Comisionamiento y Puesta en Marcha para verificar que ningún personal ajeno a la prueba este cerca. Se emplazará personal a lo largo del circuito a fin de mantener libre de personal no autorizado, se identificarán salidas de escape libres de obstáculos.
- El personal que participará en la prueba debe ser debidamente instruido acerca del trabajo específico que realizará así como tener conocimiento de este procedimiento, matriz de Identificación de Peligros y Evaluación y Control de Riesgos (IPERC); y,

Procedimientos Escritos de Trabajo Seguro (PETS) asociados a este trabajo.

- Cada trabajador debe tener una tarea definida a realizar, cada grupo de trabajo deberá realizar su respectivo Análisis de Trabajo Seguro (ATS).
- Los permisos para trabajos críticos (trabajos en caliente, trabajos en altura, izajes, bloqueo, espacios confinados, etc.) así como la seguridad en general seguirá los lineamientos de la empresa.
- De ocurrir cualquier anomalía durante las pruebas tal como ruido excesivo, humo, desalineamiento excesivo, derrames de material o cualquier otro evento que ponga en riesgo a las personas, los equipos o al medio ambiente; se debe detener inmediatamente la prueba y notificar al líder de la prueba.
- Se debe tener una comunicación adecuada entre todo el personal participante, para lo cual se utilizarán radios con un canal exclusivo para las pruebas.
- El liderazgo de las pruebas lo asumen el Superintendente de Procesos, el Superintendente Mecánico o el Gerente de Comisionamiento y Puesta en Marcha, dependiendo de quién esté presente en planta y en el orden de precedencia indicado. Las áreas de Electricidad, Instrumentación y Control actúan como soporte durante las pruebas.
- Es indispensable la participación de personal de Seguridad.

Condiciones Iniciales

Previo al Comisionamiento y Puesta en Marcha con carga, se debe cumplir con lo siguiente:

- Verificar que están todos los planos (última actualización), generados por Construcción y/o Pre Operaciones con la documentación de respaldo correspondiente.
- Todos los trabajos constructivos o de Pre Operaciones deben estar concluidos o serán suspendidos durante las pruebas si se encuentran dentro del área de influencia de equipos en movimiento o material circulante.
- Pre Operaciones debe haber realizado las pruebas Pre-Operacionales y pruebas con agua por circuito y/o simulando operación normal en forma satisfactoria. Todos los equipos deben haber sido entregados y contar con la Tarjeta Azul que confirma que el área de Comisionamiento tiene la custodia de los mismos.
- Asegurar que los repuestos de ser requeridos estarán disponibles.
- Para el comisionamiento, los equipos críticos contarán con la asesoría de sus respectivos Vendor de la disciplina correspondiente.
- Inspeccionar detalladamente correas y chutes de descarga para detectar elementos, partes y componentes que puedan estar dañados.
- Verificar lubricación de los equipos

Comisionamiento Eléctrico

a. Objetivo

Suministrar energía para Pruebas del Sistema

El Comisionamiento eléctrico comprende la realización de pruebas de funcionamiento y comunicaciones bajo condiciones reales. Ejemplo: energización de líneas y equipos, motores, bombas, compresores, etc.

El objetivo de esta prueba es verificar que los equipos eléctricos del sistema operable de procesos y componentes considerados en el presente procedimiento son aptos para una puesta en servicio segura.

El personal eléctrico brindará el suministro de energía eléctrica a las áreas y equipos requeridos para las pruebas, luego de haber coordinado las actividades con el solicitante. El solicitante debe comunicar al operador electricista de sala, la secuencia de arranque a seguir para poder llevar un control y toma de datos de los parámetros principales en los equipos y registrarlos en sus respectivos protocolos.

b. Inspección Visual

- Verificar que todos los trabajos de instalación de equipos eléctricos se encuentran finalizados.
- Verificar que existe libre acceso a todos los equipos eléctricos de la Sala de fuerza y control correspondiente.
- Todos los Interruptores desbloqueados.
- Verificar que el sistema contra incendios está disponible y operativo en la sala de fuerza y control.
- Verificar que existen equipos de primeros auxilios disponibles.
- Conocer los sistemas de comunicación de emergencia disponibles.
- Certificar que hayan sido ejecutadas las pruebas pre-operacionales y chequeos como pasos previos para autorizar las pruebas como:
 - Inspecciones y pruebas de verificación del adecuado contacto eléctrico y continuidad.
 - Aislamiento.
 - Puestas a tierra.
 - Polaridad, secuencia.
 - Calibración y ajustes de protecciones y unidad de medidas.
 - Dispositivos de control eléctrico.
 - Sentidos de rotación.
 - Medición y registro de variables eléctricas de cada equipo o sistema.

- Verificar que todos los equipos a ser utilizados para las pruebas de comisionamiento han sido calibrados adecuadamente.

c. Verificaciones del Sistema Eléctrico

Se requiere la verificación de documentos tales como:

- Energización de los equipos de Alta Tensión, Media Tensión y Baja Tensión.
- Ajustes de dispositivos de cortocircuitos e interruptores.
- Dirección de rotación de los motores auxiliares.
- Sistema de protección contra incendio y puesta a tierra.
- Energización y prueba del sistema del control de potencia.
- Realización de las pruebas de funcionamiento de dispositivos de protección, instrumentos eléctricos y dispositivos de seguridad.
- Energización y ensayo de los sistemas de emergencia y control.
- Pruebas de los cargadores de batería, inversores y UPS.
- Corrida de los motores durante 4 horas sin carga (en vacío) con el fin de determinar su correcto funcionamiento.
- Chequeo de la operación de los controles automático y manual.
- Intensidad de la luz normal y de emergencia.
- Calibración de los detectores de fuego y gas, incluyendo la sincronización del panel de control de los mismos.

- Ensayo de los controladores de lógica programable, operadores secuenciales y sistemas de control neumático.
- Pruebas de lógica de control.
- Operación de los dispositivos de bloqueo (Enclavamientos)

d. Datos a Monitorear y Registrar

- Alarmas y temperatura de Transformadores.
- Datos en Relé.
- Datos en Variador de Frecuencia.
- Datos en Cicloconvertidores.
- Datos en Transformadores de aislación.
- Datos en Gabinete de control.
- Datos en Panel intercambiador de calor Motor Gearless.

Comisionamiento de Instrumentación y Sistemas de Control

a. Objetivo

El objetivo de las pruebas de Comisionamiento de la disciplina de Instrumentación y Sistemas de Control es asegurar que los instrumentos, válvulas y equipos de control asociados al circuito, trabajen en forma integrada y segura (tanto para el personal de

operación como para los equipos), de forma que se garantice una operación continua y confiable de la Planta.

b. Inspección Visual:

- La instalación de instrumentos, válvulas, equipos de control y cables de comunicación y señal, debe estar terminada en forma definitiva.
- Las Pruebas de Pre operaciones deben estar terminadas y documentadas en forma satisfactoria.
- Todos los equipos del sistema de control: servidores, estaciones de operación gabinetes de DCS y comunicación deben estar instalados en forma definitiva y con todas las protecciones eléctricas y mecánicas completas.
- Las salas de control, de servidores y eléctricas deben estar terminadas y con todos los servicios operativos.
- El cableado de Fibra óptica debe estar instalado definitivamente y certificado.
- El cableado de la red de control de proceso debe estar instalado definitivamente y certificado, para garantizar la continuidad de las pruebas de comisionamiento.
- Se deben haber realizado y documentado las pruebas de redundancia de comunicación de los componentes del sistema de control.

- El cableado de redes de campo debe estar instalado definitivamente y certificado, para garantizar la continuidad de las pruebas de comisionamiento.
- Verificación de diagrama de conexión de cada instrumento, válvula y equipo de control hacia DCS.
- Verificación de características, contra Data Sheet, de cada instrumento, válvula y equipo de control.
- Prueba de integración de señales, mapa de señales y visualización de instrumentos, válvulas y equipos de control en DCS.
- Verificación de Lógica de control asociada en DCS para cada instrumento, válvula y equipo de control (Secuencia de Arranque, Permisivos, Enclavamientos de seguridad y de procesos).

c. Pruebas a Desarrollar:

- Prueba de Señales de instrumentos, válvulas y equipos de control.
- Prueba de Lógica de control de Arranque de Motores (Lógica de arranque y las protecciones del Equipo)
- Prueba de Lógica de Control de Arranque de Equipos (Pruebas de Enclavamientos – Secuencias – Regulación de tiempo de respuesta – Verificación de Setpoints y Alarmas) Según Diagramas Lógicos.
- Prueba y Certificación de redes industriales (Foundation Fieldbus, Profibus, Modbus, Ethernet).
- Prueba de redundancia de controladores / Fuentes.

- Prueba de Servicios al Sistema de Control de Procesos (Historizador, Alarmas, Tendencias).
- Pruebas Funcionales de Sistemas de Voz, Data , CCTV.
- Pruebas Funcionales de Sistema de Detección y Extinción de Incendios.
- Prueba de Lógica de Control de Arranque de Sistemas Operables (Pruebas de Enclavamientos – Secuencias – Regulación de tiempo de respuesta – Verificación de Setpoints y Alarmas) Según diseño de Lógica de control.
- Prueba y Sintonización inicial de Lazos de Control.

Comisionamiento de Procesos y Mecánica

a. Objetivo

El objetivo de las pruebas es verificar las instalaciones de manera general, que estas instalaciones estén montadas de acuerdo a diseño y que se correspondan con diseño de procesos establecido.

b. Tareas Previas al Arranque con Carga

- Tener todos los permisos de seguridad aprobados, evidencias de que todo el personal tenga conocimiento de los procedimientos

existentes y cuál es el alcance de trabajo y áreas físicas involucradas.

- Verificar que los sistemas auxiliares como agua, aire, etc. estén probados y disponibles. Considerar que los sistemas de lubricación deben estar operativos desde por lo menos 24 horas antes para garantizar una temperatura de aceite adecuada.
- Realizar una inspección visual para verificar que no hayan elementos extraños que interfieran con la operación así como revisar que las guardas se encuentren instaladas y fijadas.
- Verificar que las válvulas, drenajes, venteos, etc. se encuentren en la posición adecuada para el Comisionamiento.
- Personal de apoyo debe estar presente a lo largo del circuito según lo planeado para detectar anomalías en el sistema como ruidos, humo, alta temperatura, vibraciones, desalineamiento, etc.
- Tener en cuenta recomendaciones de los fabricantes para iniciar el arranque.
- Arrancar el circuito en vacío según la secuencia de arranque.
- Se deben registrar los parámetros de Operación de los equipos en los protocolos.
- Realizar la corrida de las bombas en reciclo y chequeo de la operación del motor y la bomba. Se verifica después de esta acción el estado de los engranajes y rodamientos.

c. Comisionamiento con Mineral

Se desarrollará bajo la siguiente secuencia:

- Correa de retorno a los molinos SAG
- Correa de descarga Chancador de Pebbles
- Chancador de Pebbles
- Correa de alimentación de Chancador de pebbles 1, 2 y 3
- Electroimanes correa colectora de pebbles
- Correa de alimentación de pila de pebbles
- Correa colectora de pebbles
- Cada Chancador posee un circuito de protección cuando es detectado un metal. Este consta de un detector de metales que abre una compuerta por un tiempo para que el metal sea desviado y no entre en el Chancador.

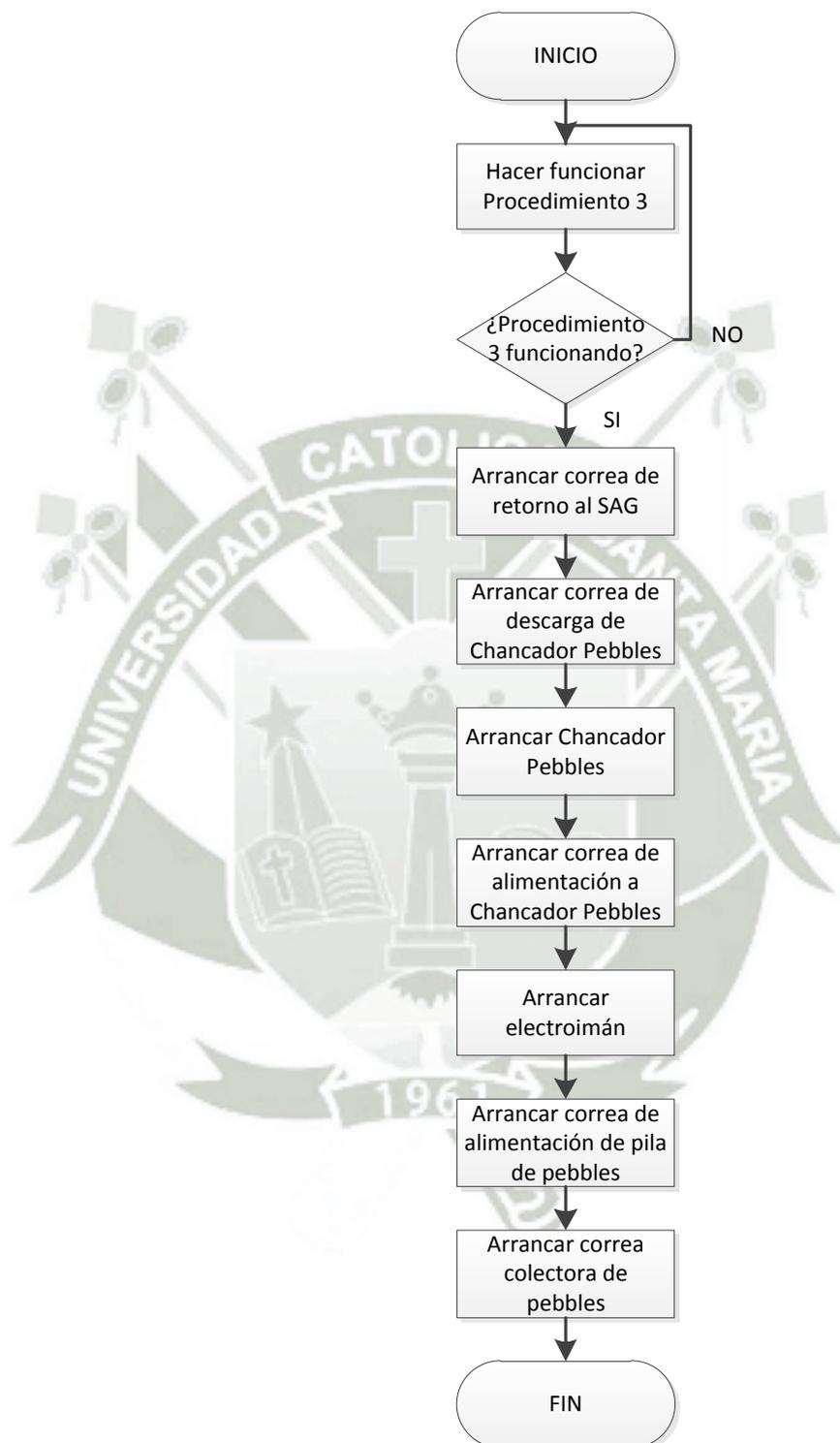
d. Puesta en marcha del Chancador de Cono

- Antes de operar el Chancador, realizar el check list de comprobación para el arranque del Chancador de Cono MP 1000.
- Antes de operar el Chancador, arranque el sistema de lubricación de aceite.
- Para lubricar de forma adecuada los cojinetes del Chancador, la temperatura del aceite en la tubería de drenaje debe ser superior a

15°C (60°F) antes de arrancar el Chancador. Si es necesario, se deben usar calentadores de inmersión de aceite para calentar el aceite.

- Metso recomienda una temperatura mínima del aceite del depósito de 32°C (90°F) antes de arrancar la bomba de lubricación.
- Arranque el Chancador y hágalo funcionar sin material durante cuatro horas. Asegúrese de que la temperatura del aceite de la tubería de drenaje llegue a un mínimo de 27°C (80°F).
- Después de la operación de cuatro (4) horas sin material, siga haciéndolo funcionar al menos dos horas más con suficiente material en la cavidad de trituración para lograr el 50% de la potencia nominal (60% de los amperios nominales) según se especifica en la placa de identificación del motor. Se debe controlar la potencia operando con un ajuste lateral cerrado más ancho. Debido a las características de operación del Chancador no se debe operar a menos del 40% de la potencia nominal.
- Después de completar una operación de seis (6) horas, haga funcionar el Chancador durante cuatro horas con suficiente material en la cavidad de trituración para lograr el 75% de la potencia nominal.
- Después de completar los pasos anteriores, el Chancador puede operar a plena carga, lo que se logra a un 100% de la potencia nominal o hasta el punto de levantar el anillo de ajuste.

e. Diagrama de Flujo Procedimiento N° 9



Fuente: Elaboración Propia

PROCEDIMIENTO N° 10

PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE CON CARGA DE REMOLIENDA

Alcance

Este procedimiento es aplicable para el Comisionamiento y la Puesta en Marcha de las instalaciones de Remolienda, desde la descarga de las celdas de flotación Rougher / Scavenger hasta la llegada a las celdas de limpieza, esto incluye molinos Isamill, bombas, tanques, ciclones, launders y los sistemas de aire, agua, lubricación, hidráulicos, hoist, etc.

Descripción De Las Instalaciones

El producto del área de flotación llega a los tanques de la línea 1 y 2. Cada uno de 457 m³ de capacidad

Del primer tanque, el producto es bombeado hacia el ciclón Rougher donde el Overflow pasa al tanque y de ahí se va al cajón de producto donde se juntará con lo que llega del By pass (en caso se use) del cajón del underflow, y de ahí será bombeado hacia las celdas de segunda limpieza. El Underflow pasa al cajón y de ahí va hacia el screen donde lo que pasa va hacia el tanque de alimentación del Molino Isamill que a su vez

recircula el producto para que vuelva a pasar por el mismo y además lo envía hacia el cajón desde donde es bombeado hacia la segunda limpieza.

Del segundo tanque, el producto es bombeado hacia los ciclones ro-scavenger donde el Overflow de ambos ciclones pasa al tanque y de ahí se va al cajón de producto donde se juntará con lo que llega del By pass (en caso se use) del cajón del underflow de ambos ciclones, y de ahí será bombeado hacia las celdas de primera limpieza. El Underflow pasa al cajón y de ahí va hacia el screen donde lo que pasa va hacia el tanque de alimentación del Molino Isamill que a su vez recircula el producto para que vuelva a pasar por el mismo y además lo envía hacia el cajón juntándose con el producto del underflow desde donde es bombeado hacia la primera limpieza.

Seguridad

Se deben tomar en cuenta las siguientes recomendaciones de seguridad:

- El área sometida a prueba deberá estar limpia y libre de obstáculos.
- Se debe verificar que esté presente el sistema contra incendios.
- Se debe verificar que estén operativas y probadas las paradas de emergencia de los equipos.
- Solo se intervendrán los equipos pertenecientes al circuito que tienen tarjeta Azul, que indica que el equipo ya ha sido entregado al área de

Comisionamiento y que no hay trabajos de construcción o de Pre operaciones pendientes al momento de la ejecución de la Prueba.

- Se deberá recorrer físicamente el sistema completo antes del Comisionamiento y Puesta en Marcha para verificar que ningún personal ajeno a la prueba este cerca. Se emplazará personal a lo largo del circuito a fin de mantener libre de personal no autorizado, se identificarán salidas de escape libres de obstáculos.
- El personal que participará en la prueba debe ser debidamente instruido acerca del trabajo específico que realizará así como tener conocimiento de este procedimiento, matriz de Identificación de Peligros y Evaluación y Control de Riesgos (IPERC); y, Procedimientos Escritos de Trabajo Seguro (PETS) asociados a este trabajo.
- Cada trabajador debe tener una tarea definida a realizar, cada grupo de trabajo deberá realizar su respectivo Análisis de Trabajo Seguro (ATS).
- Los permisos para trabajos críticos (trabajos en caliente, trabajos en altura, izajes, bloqueo, espacios confinados, etc.) así como la seguridad en general seguirá los lineamientos de la empresa.
- De ocurrir cualquier anomalía durante las pruebas tal como ruido excesivo, humo, desalineamiento excesivo, derrames de material o cualquier otro evento que ponga en riesgo a las personas, los equipos o al medio ambiente; se debe detener inmediatamente la prueba y notificar al líder de la prueba.

- Se debe tener una comunicación adecuada entre todo el personal participante, para lo cual se utilizarán radios con un canal exclusivo para las pruebas.
- El liderazgo de las pruebas lo asumen el Superintendente de Procesos, el Superintendente Mecánico o el Gerente de Comisionamiento y Puesta en Marcha, dependiendo de quién esté presente en planta y en el orden de precedencia indicado. Las áreas de Electricidad, Instrumentación y Control actúan como soporte durante las pruebas.
- Es indispensable la participación de personal de Seguridad.

Condiciones Iniciales

Previo al Comisionamiento y Puesta en Marcha con carga, se debe cumplir con lo siguiente:

- Verificar que están todos los planos (última actualización), generados por Construcción y/o Pre Operaciones con la documentación de respaldo correspondiente.
- Todos los trabajos constructivos o de Pre Operaciones deben estar concluidos o serán suspendidos durante las pruebas si se encuentran dentro del área de influencia de equipos en movimiento o material circulante.
- Pre Operaciones debe haber realizado las pruebas Pre-Operacionales y pruebas con agua por circuito y/o simulando operación normal en

forma satisfactoria. Todos los equipos deben haber sido entregados y contar con la Tarjeta Azul que confirma que el área de Comisionamiento tiene la custodia de los mismos.

- Asegurar que los repuestos de ser requeridos estarán disponibles.
- Para el comisionamiento, los equipos críticos contarán con la asesoría de sus respectivos Vendor de la disciplina correspondiente.
- Inspeccionar detalladamente correas y chutes de descarga para detectar elementos, partes y componentes que puedan estar dañados.
- Verificar lubricación de los equipos

Comisionamiento Eléctrico

a. Objetivo

Suministrar energía para Pruebas del Sistema

El Comisionamiento eléctrico comprende la realización de pruebas de funcionamiento y comunicaciones bajo condiciones reales. Ejemplo: energización de líneas y equipos, motores, bombas, compresores, etc.

El objetivo de esta prueba es verificar que los equipos eléctricos del sistema operable de procesos y componentes considerados en el presente procedimiento son aptos para una puesta en servicio segura.

El personal eléctrico brindará el suministro de energía eléctrica a las áreas y equipos requeridos para las pruebas, luego de haber coordinado las actividades con el solicitante. El solicitante debe comunicar al operador electricista de sala, la secuencia de arranque a seguir para poder llevar un control y toma de datos de los parámetros principales en los equipos y registrarlos en sus respectivos protocolos.

b. Inspección Visual

- Verificar que todos los trabajos de instalación de equipos eléctricos se encuentran finalizados.
- Verificar que existe libre acceso a todos los equipos eléctricos de la Sala de fuerza y control correspondiente.
- Todos los Interruptores desbloqueados.
- Verificar que el sistema contra incendios está disponible y operativo en la sala de fuerza y control.
- Verificar que existen equipos de primeros auxilios disponibles.
- Conocer los sistemas de comunicación de emergencia disponibles.
- Certificar que hayan sido ejecutadas las pruebas pre-operacionales y chequeos como pasos previos para autorizar las pruebas como:
 - Inspecciones y pruebas de verificación del adecuado contacto eléctrico y continuidad.
 - Aislamiento.
 - Puestas a tierra.

- Polaridad, secuencia.
 - Calibración y ajustes de protecciones y unidad de medidas.
 - Dispositivos de control eléctrico.
 - Sentidos de rotación.
 - Medición y registro de variables eléctricas de cada equipo o sistema.
- Verificar que todos los equipos a ser utilizados para las pruebas de comisionamiento han sido calibrados adecuadamente.

c. Verificaciones del Sistema Eléctrico

Se requiere la verificación de documentos tales como:

- Energización de los equipos de Alta Tensión, Media Tensión y Baja Tensión.
- Ajustes de dispositivos de cortocircuitos e interruptores.
- Dirección de rotación de los motores auxiliares.
- Sistema de protección contra incendio y puesta a tierra.
- Energización y prueba del sistema del control de potencia.
- Realización de las pruebas de funcionamiento de dispositivos de protección, instrumentos eléctricos y dispositivos de seguridad.
- Energización y ensayo de los sistemas de emergencia y control.
- Pruebas de los cargadores de batería, inversores y UPS.

- Corrida de los motores durante 4 horas sin carga (en vacío) con el fin de determinar su correcto funcionamiento.
- Chequeo de la operación de los controles automático y manual.
- Intensidad de la luz normal y de emergencia.
- Calibración de los detectores de fuego y gas, incluyendo la sincronización del panel de control de los mismos.
- Ensayo de los controladores de lógica programable, operadores secuenciales y sistemas de control neumático.
- Pruebas de lógica de control.
- Operación de los dispositivos de bloqueo (Enclavamientos)

d. Datos a Monitorear y Registrar

- Alarmas y temperatura de Transformadores.
- Datos en Relé.
- Datos en Variador de Frecuencia.
- Datos en Cicloconvertidores.
- Datos en Transformadores de aislación.
- Datos en Gabinete de control.
- Datos en Panel intercambiador de calor Motor Gearless.

Comisionamiento de Instrumentación & Sistema De Control

a. Objetivo

El objetivo de las pruebas de Comisionamiento de la disciplina de Instrumentación y Sistemas de Control es asegurar que los instrumentos, válvulas y equipos de control asociados al circuito, trabajen en forma integrada y segura (tanto para el personal de operación como para los equipos), de forma que se garantice una operación continua y confiable de la Planta.

b. Inspección Visual:

- La instalación de instrumentos, válvulas, equipos de control y cables de comunicación y señal, debe estar terminada en forma definitiva.
- Las Pruebas de Pre operaciones deben estar terminadas y documentadas en forma satisfactoria.
- Todos los equipos del sistema de control: servidores, estaciones de operación gabinetes de DCS y comunicación deben estar instalados en forma definitiva y con todas las protecciones eléctricas y mecánicas completas.
- Las salas de control, de servidores y eléctricas deben estar terminadas y con todos los servicios operativos.

- El cableado de Fibra óptica debe estar instalado definitivamente y certificado.
- El cableado de la red de control de proceso debe estar instalado definitivamente y certificado, para garantizar la continuidad de las pruebas de comisionamiento.
- Se deben haber realizado y documentado las pruebas de redundancia de comunicación de los componentes del sistema de control.
- El cableado de redes de campo debe estar instalado definitivamente y certificado, para garantizar la continuidad de las pruebas de comisionamiento.
- Verificación de diagrama de conexión de cada instrumento, válvula y equipo de control hacia DCS.
- Verificación de características, contra Data Sheet, de cada instrumento, válvula y equipo de control.
- Prueba de integración de señales, mapa de señales y visualización de instrumentos, válvulas y equipos de control en DCS.
- Verificación de Lógica de control asociada en DCS para cada instrumento, válvula y equipo de control (Secuencia de Arranque, Permisivos, Enclavamientos de seguridad y de procesos).

c. Pruebas a Desarrollar:

- Prueba de Señales de instrumentos, válvulas y equipos de control.
- Prueba de Lógica de control de Arranque de Motores (Lógica de arranque y las protecciones del Equipo)
- Prueba de Lógica de Control de Arranque de Equipos (Pruebas de Enclavamientos – Secuencias – Regulación de tiempo de respuesta – Verificación de Setpoints y Alarmas) Según Diagramas Lógicos.
- Prueba y Certificación de redes industriales (Foundation Fieldbus, Profibus, Modbus, Ethernet).
- Prueba de redundancia de controladores / Fuentes.
- Prueba de Servicios al Sistema de Control de Procesos (Historizador, Alarmas, Tendencias).
- Pruebas Funcionales de Sistemas de Voz, Data , CCTV.
- Pruebas Funcionales de Sistema de Detección y Extinción de Incendios.
- Prueba de Lógica de Control de Arranque de Sistemas Operables (Pruebas de Enclavamientos – Secuencias – Regulación de tiempo de respuesta – Verificación de Setpoints y Alarmas) Según diseño de Lógica de control.
- Prueba y Sintonización inicial de Lazos de Control.

Comisionamiento de Procesos y Mecánica

a. Objetivo

El objetivo de las pruebas es verificar las instalaciones de manera general, que estas instalaciones estén montadas de acuerdo a diseño y que se correspondan con diseño de procesos establecido.

b. Tareas Previas al Arranque con Carga

- Tener todos los permisos de seguridad aprobados, evidencias de que todo el personal tenga conocimiento de los procedimientos existentes y cuál es el alcance de trabajo y áreas físicas involucradas.
- Verificar que los sistemas auxiliares como agua, aire, etc. estén probados y disponibles. Considerar que los sistemas de lubricación deben estar operativos desde por lo menos 24 horas antes para garantizar una temperatura de aceite adecuada.
- Realizar una inspección visual para verificar que no hayan elementos extraños que interfieran con la operación así como revisar que las guardas se encuentren instaladas y fijadas.
- Verificar que las válvulas, drenajes, venteos, etc. se encuentren en la posición adecuada para el Comisionamiento.

- Personal de apoyo debe estar presente a lo largo del circuito según lo planeado para detectar anomalías en el sistema como ruidos, humo, alta temperatura, vibraciones, desalineamiento, etc.
- Tener en cuenta recomendaciones de los fabricantes para iniciar el arranque.
- Arrancar el circuito en vacío según la secuencia de arranque.
- Se deben registrar los parámetros de Operación de los equipos en los protocolos.
- Realizar la corrida de las bombas en reciclo y chequeo de la operación del motor y la bomba. Se verifica después de esta acción el estado de los engranajes y rodamientos.

c. Comisionamiento con Mineral.

Durante esta etapa se evaluará la operatividad del sistema de remolienda Rougher y Rougher-Scavenger se revisará la lógica de control y los enclavamientos, esta prueba tendrá una duración de 7 días.

Esta etapa considera la operación de los molinos Isamill con un tonelaje de alimentación a molienda de 1.600 a 1.800 ton/hora. La operación de la alimentación al Isamill con el nido de ciclones es a través de un circuito abierto.

Este procedimiento abarcará la alimentación hacia los sistema de remolienda de Rougher y Rougher – Scavenger.

El procedimiento de partida del Isamill es automático, el molino puede arrancar con los medios de molienda en su interior.

Aspectos importantes que se deben tener presente durante la operación del equipo:

- Se debe tener presente que el operar a baja velocidad el molino generara mayores temperaturas en la descarga (70°C) (por lo tanto esta variable debe ser controlada continuamente).
- Para optimizar la operatividad de molienda es importante que el porcentaje de sólidos de alimentación al molino este dentro 40% al 60%. (Si la densidad es mayor las temperaturas de descarga aumentan, aumenta el desgaste en el sistema).
- El caudal de alimentación debe ser controlado, si es menor requerirá más molienda, aumenta la temperatura en la descarga, desgaste acelerado.
- Nivel de llenado de los medios de molienda debe ser entre 60% - 70%.
- La velocidad periférica de los discos debe estar dentro del rango 19 – 23 m/s.

- La presión de alimentación al equipo deberá estar entre un rango de 100 - 150 Kpa. (14 – 22psi)

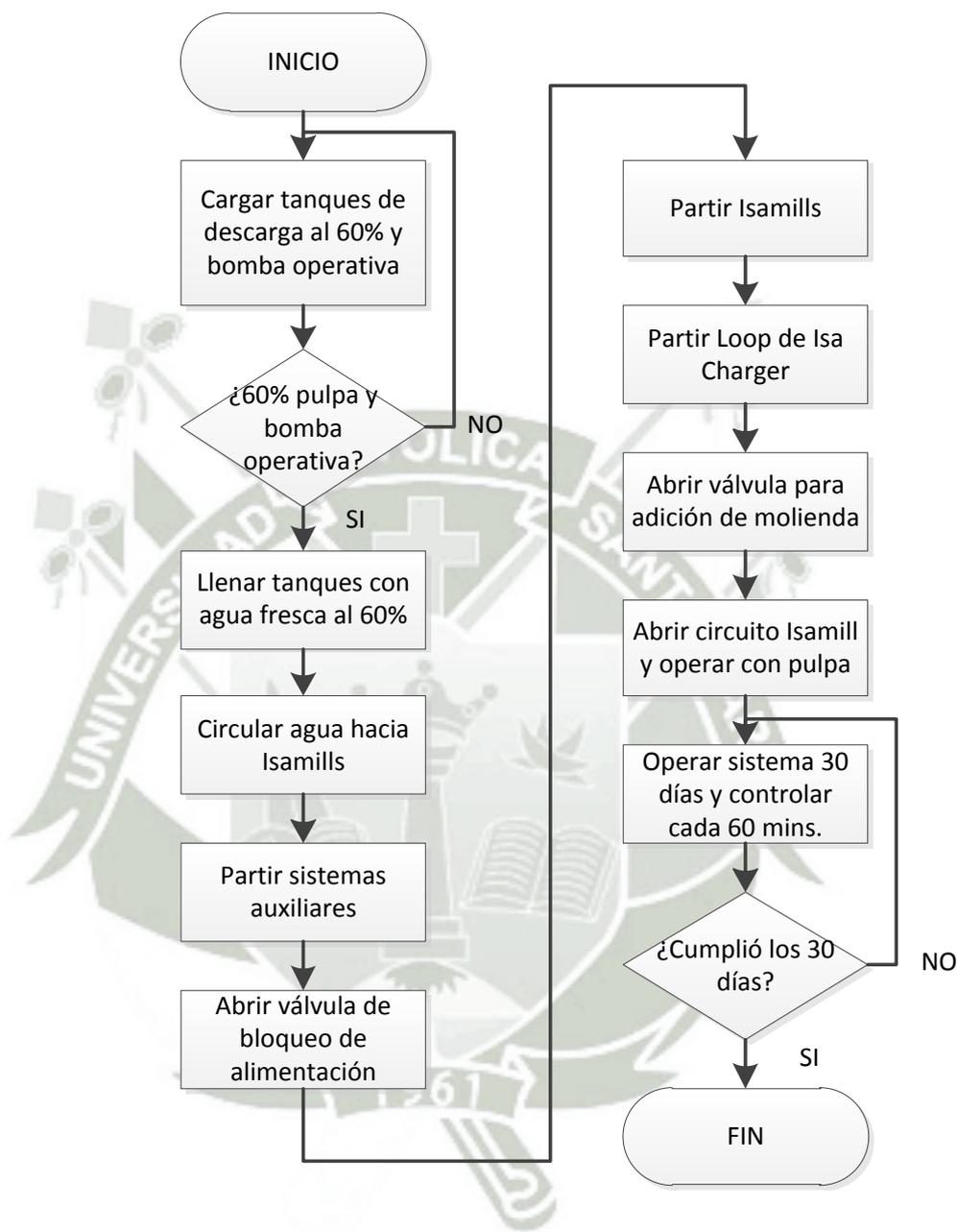
El líder de la prueba solicitará al operador de la sala de control que se inicie la partida de los sistemas de remolienda Rougher y Rougher – Scavenger. La secuencia de partida del circuito debe ser de acuerdo a lo siguiente:

- Los tanques de descarga, deben estar con pulpa aproximadamente 60% y una de las bombas operativa.
- El overflow y underflow del nido de ciclones deben descargar a los tanques.
- Llenar los tanques con agua fresca hasta un 60%.
- Hacer circular agua hacia los Isamill a través de las partidas de las Bombas (Se debe elegir una bomba de cada sistema).
- Se deben hacer partir los sistemas auxiliares:
 - Sistema de agua de sello y lavado de prensa estopa.
 - Sistema de lubricación y sello de rodamiento.
 - Sistema de lubricación de caja de velocidad.
 - Sistema de lubricación del motor.
 - Sistema de alimentación.
 - Sistema de descarga.
- Abrir Válvula de bloqueo de alimentación, la descarga del molino deberá recircular 100% al cajón de alimentación. Se debe esperar

que el circuito este lleno de agua (cerrar válvula que alimenta de agua fresca estos cajones.

- Se deberá verificar lo siguiente:
 - Flujo de agua de sello y lavado en la prensa estopa.
 - Presión de agua de sello de la prensa estopa.
 - Temperatura de la caja de engranaje y la unidad de enfriamiento.
 - Temperatura de los rodamientos del eje principal del molino.
 - Chequear vibraciones anormales en los rodamientos del eje principal.
 - Revisar si existen fugas o ruidos anormales en el Isamill.
 - Revisar el nivel y la temperatura en el depósito del sistema de lubricación del motor.
- Solicitar la partida del molino Isamill.
- Dar la partida al loop de Isa Charger
- Abrir la válvula de la tolva de medios de molienda para iniciar la adición de molienda al molino.
- Cerrar la válvula que alimenta de cerámica al molino, la bomba deberá operar un tiempo para que no queden cerámico en la línea.
- Detener el sistema Isa Change una vez que alcance el nivel mínimo de potencia que permite alimentar pulpa al circuito.
- Abrir el circuito del Isamill y comenzar a operar con pulpa.
- Estabilizada la operación, inicie el control de variable cada 60 minutos por un espacio de 30 días, anotar en el check list el control de las variables.

d. Diagrama de Flujo Procedimiento N° 10



Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO V

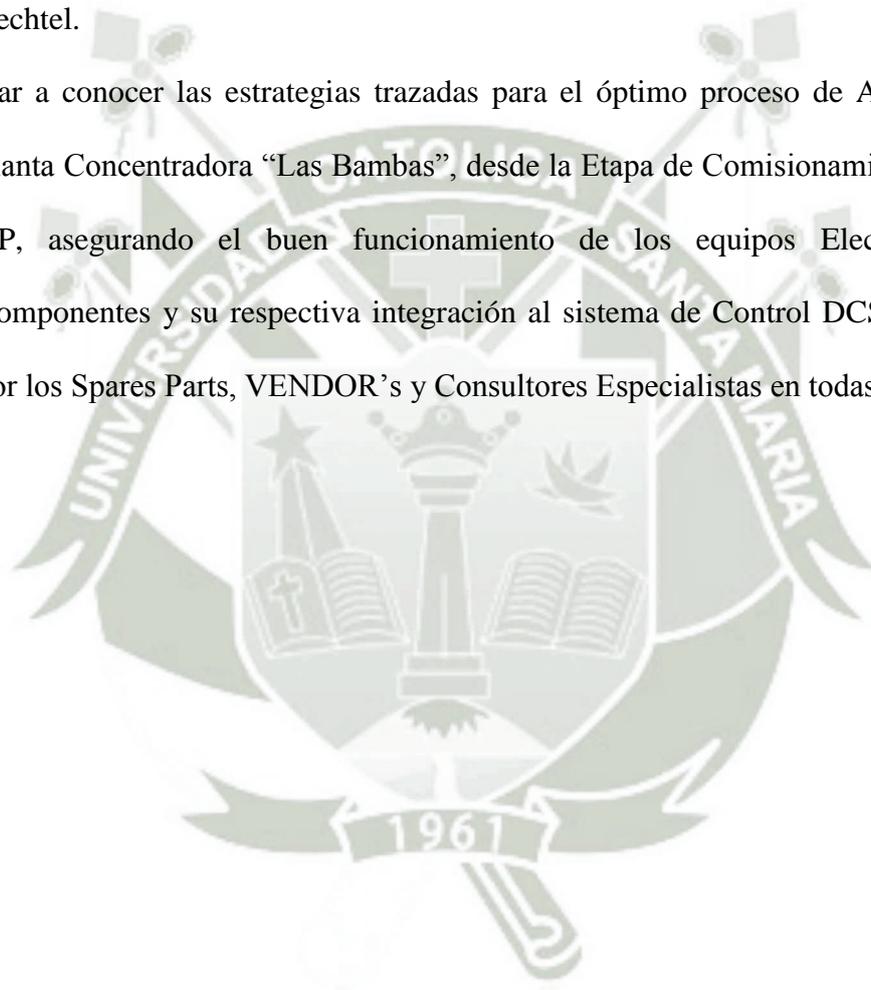
RESULTADOS A OBTENER A PARTIR DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS ACCIONES DE MEJORA

Como se mencionó anteriormente, Las Bambas es un proyecto nuevo, para lo cual, con el objetivo de mejorar el Comisionamiento y Puesta en Marcha de la Planta Concentradora se están implementando procedimientos de arranque.

Con la implementación de procedimientos se espera lograr:

- Un mejor desempeño en el Comisionamiento y Puesta en Marcha de la Planta Concentradora.
- Una visión panorámica de todas las Etapas a seguir para un buen desarrollo del arranque de la planta, optimizando la producción de Cobre de una manera segura.
- Contribuir a la mejora en la ejecución del proyecto Las Bambas de manera que este se adecúe a los estándares internacionales y a los requerimientos de la empresa.
- Producir el primer cobre de acuerdo al requerimiento y continuar cargando la planta hasta llegar al 100% de la capacidad de diseño (procesar 140,000 Ton/día).

- Dar las pautas para la correcta ejecución del Comisionamiento de “LAS BAMBAS”, en particular para cumplir con los requerimientos en cuanto a la Seguridad, Alcance, Costo, Cronograma, Calidad y seguridad.
- Dar al Área de Construcción las pautas y prioridades para realizar un Mechanical Completion de acuerdo a las necesidades para el primer arranque con Carga.
- Hacer seguimiento y supervisar al proceso de Pre Operaciones que realizará Bechtel.
- Dar a conocer las estrategias trazadas para el óptimo proceso de Arranque de la Planta Concentradora “Las Bambas”, desde la Etapa de Comisionamiento y RAMP UP, asegurando el buen funcionamiento de los equipos Electromecánicos, Componentes y su respectiva integración al sistema de Control DCS, respaldados por los Spares Parts, VENDOR’s y Consultores Especialistas en todas las Etapas.



CONCLUSIONES

PRIMERO:

En función al objetivo general, se implementó los procedimientos secuenciados y sistemáticos de Comisionamiento y Puesta en Marcha para la Planta Concentradora de las Bambas.

SEGUNDO:

En función al primer objetivo, se hizo un análisis sistemático de la situación actual de la empresa de acuerdo a sus necesidades, obteniendo información crítica para la elaboración de Procedimientos de Comisionamiento y Puesta en Marcha de la Planta Concentradora.

TERCERO:

En función al segundo objetivo, los procedimientos implementados, contribuirán a un desempeño exitoso en el Comisionamiento y Puesta en Marcha de la Planta Concentradora.

CUARTO:

En función al tercer objetivo, se definió y diseñó los procedimientos secuenciados y sistemáticos para el Comisionamiento y Puesta en Marcha de la Planta Concentradora.

QUINTO:

Como última conclusión, mi formación académica y mi experiencia práctica de un profesional de ingeniería industrial, me ha dado las herramientas necesarias para la articulación de las distintas áreas requeridas para el diseño de un plan que responde al nivel de exigencias que una empresa como las Bambas requiere.



RECOMENDACIONES

PRIMERO:

Aplicar los procedimientos de acuerdo a la secuencia y parámetros establecidos, no desviarse de los mismos, ya que el incumplimiento o evasión de algún paso puede generar algún error en el Comisionamiento y Puesta en Marcha de las Bambas.

SEGUNDO

Los procedimientos establecidos deben ser de conocimiento de todo el personal implicado en el Comisionamiento y Puesta en Marcha de Las Bambas.

TERCERO

Los procedimientos establecidos deben ser difundidos, para lo cual se recomienda hacer capacitaciones y charlas informativas al personal implicado en el Comisionamiento y Puesta en Marcha de Las Bambas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A. REFERENCIA DE LIBROS

- Acevedo Garcia Alejandro, Conde Horta Luisa F. (2014). **Metodología Para El Diseno, Estandarizacion Y Mejoramiento de Procesos**. Edición Ilustrada. Omniscryptum Gmbh & Company Kg. 2014.
- Heizer, Jay; Render, Barry (2007). **Dirección de la producción y de operaciones**. Octava edición. Grupo Pearson Education. Madrid, 2007.
- Joan Corominas, (1987). **Breve diccionario etimológico de la lengua castellana**. 3º edición, Ed. Gredos, Madrid, 1987.
- Robb, Laurence, ed. (2007). **Introduction to Ore-Forming Processes** (en inglés) Cuarta edición. Berlin, Stuttgart: Blackwell Science Ltd., 2007.
- Samuelson y Nordhaus. (2005). **Economía**. 18va Edición. Estados Unidos. McGraw-Hill, 2005.
- Zandin, Kjell B. (2005). **Maynard Manual del Ingeniero Industrial**. Quinta edición. Editorial McGraw-Hill. México, 2005.