

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍA



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

**“INFLUENCIA EN LA CONFIABILIDAD POR LA SUSTITUCIÓN DE LA
CHANCADORA DE RODILLOS POR DOS CHANCADORAS CÓNICAS
EN LA EMPRESA SOCIEDAD MINERA EL BROCAL S.A.A.”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO EN ENERGÍA**

AUTORAS:

Bach. ESQUIVEL MUÑOZ, Jakelin del Pilar

Bach. SALIRROSAS HERNANDEZ, Carmen Verónica

ASESOR:

Mg. GUEVARA CHINCHAYÁN, Robert F.

Chimbote - Perú

2019



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA FACULTAD
DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICA
PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍA**

HOJA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR

La presente Tesis ha sido revisada y desarrollada en cumplimiento del objetivo propuesto y reúne las condiciones formales y metodológicas, estando encuadrado dentro de las áreas y líneas de investigación conforme al reglamento general para obtener el título profesional en la Universidad Nacional del Santa (R: D: N° 492-2017-CU-R-UNS) de acuerdo a la denominación siguiente:

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN ENERGÍA

Título: “INFLUENCIA EN LA CONFIABILIDAD POR LA SUSTITUCIÓN DE LA CHANCADORA DE RODILLOS POR DOS CHANCADORAS CÓNICAS EN LA EMPRESA SOCIEDAD MINERA EL BROCAL S.A.A.”

TESISTAS:

Bach. ESQUIVEL MUÑOZ, Jakelin del Pilar

Bach. SALIRROSAS HERNANDEZ, Carmen Verónica

Mg. Robert Fabián Guevara Chinchayán
ASESOR



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA FACULTAD
DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICA
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA EN ENERGÍA**

HOJA DE CONFORMIDAD DEL JURADO

El presente proyecto de investigación de Tesis titulado:

**“INFLUENCIA EN LA CONFIABILIDAD POR LA SUSTITUCIÓN DE LA
CHANCADORA DE RODILLOS POR DOS CHANCADORAS CÓNICAS EN
LA EMPRESA SOCIEDAD MINERA EL BROCAL S.A.A.”**

Elaborado por los tesistas:

Bach. ESQUIVEL MUÑOZ, Jakelin del Pilar

Bach. SALIRROSAS HERNANDEZ, Carmen Verónica

Revisado y Aprobado por el siguiente jurado Evaluador

Mg. Héctor Domingo Benites Villegas
Presidente

Mg. Robert Fabián Guevara Chinchayán
Integrante

Ing. Nelver Javier Escalante Espinoza
Integrante

DEDICATORIA

A nuestras madres Carmen Muñoz y Ana Hernandez, que con su dedicación y amor incondicional nos enseñaron, que a pesar que la vida es difícil, hay que salir siempre adelante, cumpliendo sueños y cruzando metas.

AGRADECIMIENTOS

A cada uno de los docentes de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería de la Universidad Nacional del Santa, por los conocimientos compartidos, por su ejemplo de vida y por su contribución con el proceso enseñanza – aprendizaje desarrollado a lo largo del proceso de formación profesional de las que ahora aspiramos a ser ingenieras.

Al Mg. GUEVARA CHINCHAYÁN, Robert F., profesor principal de la Facultad de Ingeniería en de la Universidad Nacional del Santa, por su apoyo como asesor de la presente investigación.

A todos aquellos que de manera directa o indirecta contribuyeron a que tanto la planificación, como la ejecución de la presente investigación, pudieran ser culminadas con éxito.

Bach. ESQUIVEL MUÑOZ, Jakelin del Pilar

Bach. SALIRROSAS HERNANDEZ, Carmen Verónica

RESUMEN

El objetivo de esta tesis fue: Evaluar la influencia de la confiabilidad en la sustitución de una Chancadora de Rodillos por dos Chancadoras Cónicas en del área de Chancado Secundario en la Empresa Sociedad Minera El Brocal S.A.A.

El método usado es analítico que es un tipo de metodos generales.El diseño utilizado en la investigación correspondió al PRE experimental, esto en el sentido de que se consideró un escenario de intervención y se previó la mejora de la confiabilidad de las plantas chancadoras, sin manipular las variables, solo simulándolas.La muestra seleccionada de forma no probabilística e intencionada, comprende la Planta de Chancado Secundario Pb/Zn de la empresa Sociedad Minera El Brocal S.A.A.

Las tecnicas que se usaron en esta investigación fueron: Análisis documental, la entrevista, observación y los instruemntos de investigación fueron: fichas textuales y de resumen; guía de entrevista; guía de observación.

Se concluyó que: La sustitución de la chancadora de rodillos por dos chancadoras cónicas en el área de chancado secundario de la empresa Sociedad Minera El Brocal S.A.A influye en la mejora de la confiabilidad en un 2%.

Palabras claves: Confiabilidad, disponibilidad, chancadora de rodillos, chancadoras cónicas, empresa minera.

ABSTRACT

The objective of this thesis was: To evaluate the influence of the reliability in the substitution of a Roller Crusher for two Conical Crushers in the area of Secondary Crushing in the Empresa Sociedad Minera El Brocal S.A.A.

The method used is analytical, which is a type of general methods. The design used in the investigation corresponded to the experimental PRE, in the sense that an intervention scenario was considered and the improvement of the reliability of the crusher plants was foreseen, without manipulate the variables,

only simulating them. The sample selected in a non-probabilistic and intentional manner, includes the Secondary Crushing Plant Pb / Zn of Sociedad Minera El Brocal S.A.A.

The techniques used in this investigation were: Documentary analysis, interview, observation and research instruments were: text and summary files; interview guide; Observation Guide.

It was concluded that: The replacement of the roller crusher by two conical crushers in the secondary crushing area of Sociedad Minera El Brocal S.A.A influences the improvement in reliability by 2%.

Keywords: Reliability, availability, roller crusher, cone crusher, mining company.

ÍNDICE

	Pág.
HOJA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR	ii
HOJA DE CONFORMIDAD DEL JURADO.....	iii
<i>DEDICATORIA</i>	iv
AGRADECIMIENTOS	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT.....	vii
ÍNDICE.....	viii
ÍNDICE DE CUADROS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
CAPÍTULO I.....	xiii
INTRODUCCIÓN	14
1.1. REALIDAD DEL PROBLEMA	14
1.2. ANTECEDENTES.....	14
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	17
1.3.1. PROBLEMA GENERAL.....	17
1.3.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	18
1.4. OBJETIVOS.....	18
1.4.1. OBJETIVO GENERAL	18
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1.5. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	19
1.6. VARIABLES E INDICADORES	19
1.6. JUSTIFICACIÓN Y LIMITACIONES DEL TRABAJO.....	20
1.6.1. JUSTIFICACIÓN.....	20
1.6.2. LIMITACIONES DEL TRABAJO.....	20
CAPÍTULO II	21
MARCO TEÓRICO.....	22
2.1. MINERÍA.....	22

2.1.1. TIPOS DE MINERÍA.....	23
2.1.2. RECURSOS MINEROS	25
2.1.3. PROCESOS PRODUCTIVOS EN MINERÍA	26
2.2. PLANTAS DE TRITURACIÓN EN MINERÍA.....	27
2.3. MAQUINAS TRITURADORAS.....	29
2.3.1. CLASIFICACIÓN SEGÚN EL TAMAÑO DEL MATERIAL TRATADO.....	29
2.3.1.1. CHANCADO PRIMARIO	30
2.3.1.2. CHANCADO SECUNDARIO	31
2.3.1.3. CHANCADO TERCARIO	31
2.3.2. CLASIFICACIÓN SEGÚN TIPO DE CHANCADORA POR ETAPA.....	32
2.3.2.1. CHANCADORA DE RODILLOS	33
2.3.2.2. CHANCADORAS CÓNICAS.....	34
2.4. CONFIABILIDAD.....	35
2.4.1. NIVEL DE CONFIABILIDAD.....	36
2.4.2. FACTORES DE LA CONFIABILIDAD	37
2.5. CONFIABILIDAD EN LAS PLANTAS TRITURADORAS (CHANCADORAS)	39
2.5.1. TIEMPO MEDIO ENTRE FALLOS	40
2.5.2. TIEMPO MEDIO DE REPARACIÓN.....	40
2.5.3. DISPONIBILIDAD	40
CAPÍTULO III.....	42
MATERIALES Y MÉTODOS.....	43
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	43
3.2. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	43
3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	43
3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA	43
3.4.1. POBLACIÓN	43
3.4.2. MUESTRA.....	43
3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA OBTENCIÓN DE DATOS	43
3.6. TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	44
3.6.1. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	44
3.6.2. ANÁLISIS DE DATOS	44
3.6.3. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	45
CAPÍTULO IV.....	46
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	47
4.1. CONSIDERACIONES GENERALES.....	47

4.2. RESULTADOS	48
4.2.1. COMPARACIÓN ENTRE CHANCADORA DE RODILLOS Y CÓNICAS	48
4.2.1.1. TASA DE PRODUCCIÓN	50
4.2.1.2. TASA HORARIA DE PRODUCCIÓN	51
4.2.1.3. COSTO DE MANTENIMIENTO PROGRAMADA DE LA CHANCADORA	51
4.2.2. CONFIABILIDAD DE LAS CHANCADORAS	53
4.2.2.1. INDICADORES DE TIEMPO MEDIO ENTRE FALLOS	59
4.2.2.2. INDICADORES DE TIEMPO MEDIO DE REPARACIÓN	62
4.2.2.3. INDICADORES DE DISPONIBILIDAD	62
4.3. DISCUSIÓN	63
4.3.1. LOGRO DE OBJETIVOS DE LA PROPUESTA	63
4.3.1.1. TIEMPO MEDIO ENTRE FALLOS (MTBF).....	64
4.3.1.2. TIEMPO MEDIO DE REPARACIÓN (MTTR)	65
4.3.1.3. DISPONIBILIDAD	67
4.3.1.4. EVALUACIÓN ECONÓMICA	69
4.3.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	71
CAPÍTULO V	72
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	73
5.1. CONCLUSIONES.....	73
5.2. RECOMENDACIONES	74
CAPÍTULO VI.....	75
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
CAPÍTULO VII	80
ANEXOS	81

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Características de las máquinas trituradoras modelo SANDVIK CR810.	49
Cuadro 2. Características de las máquinas trituradoras modelo Nordberg® Serie HP™.	49
Cuadro 3. Indicadores de producción de mineral de la Empresa Minera El Brocal.	50
Cuadro 4. Detalles de los costos de mantenimiento programada para la chancadora de rodillos.	51
Cuadro 5. Detalles de los costos de mantenimiento programada para la chancadora de cono HP6.	52
Cuadro 6. Detalles de las paradas de chancadora de rodillo en el Día Referencial 1.	54
Cuadro 7. Detalles de las paradas de chancadora de rodillo en el Día Referencial 2.	54
Cuadro 8. Detalles de las paradas de chancadora de rodillo en el Día Referencial 3.	55
Cuadro 9. Detalles de las paradas de chancadora de rodillo en el Día Referencial 4.	55
Cuadro 10. Detalles de las paradas de chancadora de rodillo en el Día Referencial 5.	56
Cuadro 11. Detalles de las paradas de chancadora de rodillo en el Día Referencial 6.	56
Cuadro 12. Detalles de las paradas de chancadora de rodillo en el Día Referencial 7.	57
Cuadro 13. Detalles de las paradas de chancadora de rodillo en el Día Referencial 8.	58
Cuadro 14. Detalles de las paradas de chancadora de rodillo en el Día Referencial 9.	58
Cuadro 15. Detalles de las paradas de chancadora de rodillo en el Día Referencial 10.	59
Cuadro 16. Detalles de las paradas de chancadora de rodillo en el Día Referencial 10.	60
Cuadro 17. Tiempo medio entre fallos en los días referenciales.	61
Cuadro 18. Detalles de las paradas de chancadora de rodillo en el Día Referencial 10.	62
Cuadro 19. Detalles de la disponibilidad de la chancadora de rodillo.	63
Cuadro 20. Tiempo Medio entre Fallos (MTBF) en los días de evaluación.	64
Cuadro 21. Tiempo Medio de Reparación (MTTR) en los días de evaluación.	66
Cuadro 22. Disponibilidad de la chancadora de rodillo.	67
Cuadro 13. Resultado de indicadores	68
Cuadro 24: Valor Actual Neto (VAN) Y Tasa Interna De Retorno (TIR) De Chancadora De Rodillos	69
Cuadro 25: Valor Actual Neto (VAN) Y Tasa Interna De Retorno (TIR) De Chancadora Hp6	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. La trituración o chancado en los procesos productivos mediante flotación.	27
Figura 2. La trituración o chancado en los procesos productivos mediante lixiviación.	28
Figura 3. La trituración – etapa de chancado primario.	30
Figura 4. La trituración – etapa de chancado secundario.	31
Figura 5. La trituración – etapa de chancado terciario.	32
Figura 6. Esquema de una trituradora de rodillos.	34

Figura 7. Corte transversal del cuerpo de un chancador de cono.....	35
Figura 8. Componentes de la garantía de funcionamiento de un sistema.....	37
Figura 9. Factores de la confiabilidad.....	39
Figura 10. Disponibilidad anual de la Planta de Chancado Pb/Zn de la Empresa Minera El Brocal – Año 2016.	47
Figura 11. Disponibilidad anual de la Planta de Chancado Pb/Zn de la Empresa Minera El Brocal – Año 2017.	48
Figura 12. Variación del Tiempo Medio entre Fallos (MTBF) en los días de evaluación.....	65
Figura 13. Variación del Tiempo Medio de Reparación (MTTR) en los días de evaluación.....	66
Figura 14. Variación de la disponibilidad en los días de evaluación.....	68
Figura 15. Diagrama de flujo del área de chancado de la Planta de Concentración de Minerales de la Sociedad Minera El Brocal S.A.A. (Hasta el 2016 , con la Chancadora CHANCADORA SECUNDARIA HYBRID CR810/08-30 – SANDVIK)	84
Figura 16. Diagrama de flujo del área de chancado de la Planta de Concentración de Minerales de la Sociedad Minera El Brocal S.A.A. (Del 2017, con las CHANCADORA CÓNICA HP6 METSO	85
Figura 16. Leyenda de diagrama de flujo del área de chancado de la Planta de Concentración de Minerales de la Sociedad Minera El Brocal S.A.A. (Del 2017, con las CHANCADORA CÓNICA HP6 METSO	86

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Empresa Sociedad Minera El Brocal	81
Anexo 2. Chancadora de Rodillos.....	87
Anexo 3. Chancadora de Cono Serie HP6.....	90
Anexo 4. Chancado Primario de Plomo-Zinc y Cobre	92
Anexo 5. Paradas en el área de Chancado Secundario de la Planta Concentradora de Plomo-Zinc y Cobre.....	93
Anexo 6. Costos operativos de la CHANCADORA SECUNDARIA HYBRID CR810/08-30 – SANDVIK	104
Anexo 7. Costos operativos de la CHANCADORA SECUNDARIA CÓNICA HP6.....	105
Anexo 8. Galería Fotográfica.....	1077

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. REALIDAD DEL PROBLEMA

La Sociedad Minera El Brocal S.A.A., es una empresa minera peruana dedicada a la extracción, concentración y venta de metales preciosos y no ferrosos. Dicha compañía minera opera la mina de Colquijirca y la planta de concentración de Huaraucaca, ubicados en la provincia de Cerro de Pasco del departamento de Pasco. El Brocal es una empresa subsidiaria de Compañía de Minas Buenaventura S.A.A., la cual es una empresa listada en la Bolsa de Nueva York (*New York Stock Exchange* - NYSE) y por tanto sujeta a las disposiciones de la Comisión de Bolsa y Valores de Estados Unidos (*Securities & Exchange Commission* - SEC).

En el área de chancado secundario de la planta de concentración de Huaraucaca de la Sociedad Minera El Brocal, la chancadora de rodillos CR810/08-30 SANDVIK es considerado como una máquina crítica, ya que tiene mucha importancia en el proceso desarrollado en dicha área, razón por la cual trabaja bajo un exigente régimen. Durante los últimos meses se pudo observar que la frecuencia de paradas por mantenimiento se ha ido acortando para la chancadora en mención; luego, al aumentar el índice de la frecuencia de paradas por mantenimiento, se tiene que la confiabilidad de la chancadora ha ido disminuyendo, reportando un bajo índice y repercutiendo en la producción. Consecuentemente, y debido a lo acabado de señalar, surge la necesidad de optar por el cambio de máquina para así incrementar la productividad de la planta de chancado secundario y por ende de la planta concentradora.

1.2. ANTECEDENTES.

Cáceres & León (2017). Aplicación de la gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad a la flota de camiones de acarreo CATERPILLAR 793F de una compañía minera para el mejoramiento de la confiabilidad operacional. Universidad Nacional del Santa. En esta tesis que tuvo como objetivo aplicar la gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad, para poder eliminar y/o disminuir las fallas en los equipos en los cuales se va realizar el análisis; entre otras, se llegó a la siguiente conclusión: Se determinaron los Indicadores de Gestión de Mantenimiento de la flota de Camiones de Acarreo Caterpillar 793F en el periodo 2015, donde el diagnóstico de la flota hace referencia a los siguientes resultados:

- Disponibilidad: 81.87 %.
- Tiempo Promedio entre Fallas: 27.76 horas/falla.
- Tiempo Promedio para Reparar: 3.91 horas/falla.
- Confiabilidad: 58.05 %.
- Mantenibilidad: 62.89 %.
- Eficiencia Global de Flota: 69.97 %.

Torres (2017). Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de la chancadora 60"x113" de Minera CHINALCO. Universidad Nacional del Centro del Perú. En esta tesis que tuvo como objetivo principal implementar un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad del Chancadora cónico 60"x113" en la Compañía Minera Chinalco Perú; se recogió información propia de la minera, encontrando una disponibilidad mecánica 88,91% medido entre el periodo de julio de 2015 a junio del 2016. Luego, tomando como soporte la data recogida, el autor de la tesis en mención desarrolló un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad el cual se aplicó en el periodo de julio de 2016 a junio del 2017. La aplicación del plan de mantenimiento le permitió al autor: identificar las funciones, fallas funcionales, modos de falla, a través del análisis de modos y efectos de fallas (AMEF), posteriormente se realizó el análisis de criticidad a todo los componentes de la chancadora, en base a los criterios establecidos por la minera; determinándose las fallas con mayor número de prioridad de riesgo (NPR), y finalmente en base a este último, el autor elaboró la hoja de decisiones. Algunas conclusiones a las que llega el autor de la tesis en citación, son:

- Con la implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) a la chancadora 60" x 113" en Minera Chinalco, se mejoró la disponibilidad en 3.17%.
- De acuerdo al AMEF y la clasificación obtenida a través del NPR (Numero de Prioridad de Riesgo), de los 40 modos de fallas analizados de la chancadora 60" x 113", se obtuvo lo siguiente: 14 Fallas inaceptables (35%), 11 Fallas de reducción deseable (27.5%) y 15 Fallas aceptables (37.5%).

Palomares (2015). Implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) al sistema de izaje mineral, de la Compañía Minera MILPO, unidad "El Porvenir". Universidad Nacional de Ingeniería. En esta tesis se abordó una problemática relacionada con saber ¿Qué técnica y/o metodología se debe aplicar para mejorar el plan de

mantenimiento del Sistema de Izaje Mineral de Cía. Milpo, unidad “El Porvenir”?; ante dicha problemática, el autor se plantea como objetivo: Demostrar que la implantación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad como filosofía de mantenimiento incrementará el índice de disponibilidad de los Hornos Convertidores PS de la Fundición de Cobre de Southern Perú. Algunas conclusiones a las que se llega en la tesis en mención, son:

- La propuesta de reducción de tiempo del 50% del código de falla TATM de tapas de toberas, se justifica mediante el benchmarking realizado en la fundición de cobre de la compañía minera Codelco de Chile, mediante la operación de un nuevo diseño de toberas, el cual permitió la reducción del 50% de las fallas en los hornos convertidores PS.
- Mediante la jerarquización de equipos y la formulación de los criterios necesarios para el análisis, se incrementó la importancia de la seguridad operacional y la protección ambiental.

Yacila (2014). Montaje de la chancadora cónica Sandvik CH660 de la unidad minera Atacocha para un incremento de producción de 4380TSPD a 5000 TSPD. Universidad Nacional de Ingeniería. En esta tesis el autor se enfoca en la evaluación, el montaje y puesta en marcha de una chancadora cónica marca Sandvik modelo CH 660 maquinaria que conforma el elemento más importante del proceso de chancado de la planta concentradora de la unidad minera Atacocha. Algunas conclusiones importantes a las que se llega en la tesis en mención, son:

- Con el montaje de este equipo se incrementa la cantidad de mineral a procesar, se tiene el incremento de tonelaje de 4380 TSPD (toneladas secas por día) a 5000 TSPD (toneladas secas por día).
- Se logra obtener un sistema más moderno, ya que la chancadora anterior se operaba con controles manuales. A diferencia del nuevo equipo se implementó y se integró a un sistema SCADA.

Córdova (2010). Reemplazo de una chancadora primaria giratoria cónica marca TRAYLOR por una FULLER en la mina Toquepala. Universidad Nacional de Ingeniería. En este informe de suficiencia profesional se plantea el reemplazo de la chancadora Primaria giratoria tipo cónica Taylor 60” x 89” S/7100 por una chancadora cónica Fuller tipo NT 60”X 113” para el incremento de la producción. Las conclusiones a las que se llegó en informe en mención, fueron:

- Se logró reemplazar la chancadora primaria en el tiempo previsto y dentro del costo estimado inicialmente.
- La evaluación paso a paso de las partidas del proyecto permitió tener un buen control del reemplazo realizado, ya que permitió tener una idea de los recursos disponibles para realizar el trabajo, además de eso, permitió controlar los costos del mismo y determinar dónde se estaba fallando para poder corregir a tiempo.
- Es importante contar con un cronograma detallado donde se especifiquen los trabajos y los tiempos de cada actividad, el cuál debe de actualizarse constantemente para así prevenir futuras complicaciones y detectar y corregir a tiempo los retrasos en el proyecto.

Zárate (2009). Planeamiento del montaje de la chancadora secundaria en planta de sulfuros del Centro Minero Tintaya. Universidad Nacional de Ingeniería. En esta tesis que tuvo como objetivo principal estructurar y realizar el planeamiento más adecuado para el cambio de la chancadora secundaria en planta de procesos de Tintaya, entre otras, se llegó a las siguientes conclusiones:

- Se logró incrementar la capacidad de chancado y consiguientemente lograr una mayor producción de cobre fino.
- La inversión realizada inicialmente se recuperó a los cinco meses y 24 días de instalada la nueva chancadora Raptor XL1100.
- Se mejoró la calidad del producto final logrando de esta manera una mejor granulometría para los siguientes procesos en la planta, obteniendo mejores recuperaciones de mineral de cobre.

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

1.3.1. PROBLEMA GENERAL

En un contexto general, y teniendo en cuenta la realidad problemática y los antecedentes de la presente investigación, nos formulamos la pregunta general (PG), que se enunció en los siguientes términos:

PG: ¿Cómo es la influencia en la confiabilidad por la sustitución de la chancadora de rodillos por dos chancadoras cónicas del área de chancado secundario en la empresa Sociedad Minera El Brocal S.A.A.?

1.3.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

Para dar respuesta a la problemática, formulamos preguntas específicas (PE) referido a aspectos relevantes del problema objeto de estudio; en ese sentido nos formulamos las siguientes interrogantes:

PE₁: ¿Qué diferencias existen entre el funcionamiento mecánico de la actual chancadora de rodillos con una chancadora cónica en el área de chancado secundario en la Empresa Sociedad Minera El Brocal S.A.A.?

PE₂: ¿Cuál es la disponibilidad mecánica de la chancadora de rodillos en el área de chancado secundario en la Empresa Sociedad Minera El Brocal S.A.A.?

PE₃: ¿De qué manera influye en la mejora de la confiabilidad, la sustitución de una chancadora de rodillos por dos chancadoras cónicas, en el área de chancado secundario en la Empresa Sociedad Minera El Brocal S.A.A.?

PE₄: ¿Cuáles son los costos de mantenimiento mecánico de las chancadoras de rodillos y cónica, en el área de chancado secundario en la Empresa Sociedad Minera El Brocal S.A.A.?

1.4. OBJETIVOS.

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

En concordancia con la pregunta o problema general formulado, y con la finalidad de dar respuesta a dicho cuestionamiento, nos planteamos el objetivo general (OG), que se enuncia de la siguiente manera:

OG: Evaluar la influencia de la confiabilidad en la sustitución de una Chancadora de Rodillos por dos Chancadoras Cónicas en del área de Chancado Secundario en La Empresa Sociedad Minera El Brocal S.A.A

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para la consecución del objetivo general nos propusimos los objetivos específicos (OE) que prosiguen.

OE₁: Comparar el funcionamiento mecánico de la chancadora de rodillos actual, con una chancadora cónica en el área de chancado secundario en la Empresa Sociedad Minera El Brocal. S.A.A.

OE2: Analizar la disponibilidad mecánica de la chancadora de rodillos en el área de chancado secundario en la Empresa Sociedad Minera El Brocal. S.A.A.

OE3: Determinar la influencia de la sustitución de una chancadora de rodillos por dos chancadoras cónicas, en la mejora de la confiabilidad del en el área de chancado secundario en la Empresa Sociedad Minera El Brocal. S.A.A.

OE4: Detallar los costos de mantenimiento mecánico, de la chancadora de rodillos y cónica en el área de chancado secundario en la Empresa Sociedad Minera El Brocal. S.A.A.

OE5: Realizar un estudio económico que permita comprobar si se va sustituir la chancadora actual del área de chancado de la Planta de Concentración de Minerales de la Sociedad Minera El Brocal S.A.A., por una de cono; a la diferencia o ahorro por mantenimiento.

1.5. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS.

La sustitución de la chancadora de rodillos por dos chancadoras cónicas en el área de chancado secundario de la empresa Sociedad Minera El Brocal S.A.A influye en la mejora de la confiabilidad en un 2%.

1.6. VARIABLES E INDICADORES

Variable independiente: Sustitución

Indicadores:

- Tasa de Producción (Toneladas métricas húmedas): TMH.
- Tasa Horaria de Producción (Toneladas métricas húmedas/hora): TMH/hr.
- Costo de Mantenimiento Programada de la Chancadora: S/.

Variable dependiente: Confiabilidad.

Indicadores:

- MTBF (Mid Time Between Failure, tiempo medio entre fallos): hr.
- MTTR (Mid Time To Repair, tiempo medio de reparación): hr.
- Disponibilidad: %.

1.6. JUSTIFICACIÓN Y LIMITACIONES DEL TRABAJO.

1.6.1. JUSTIFICACIÓN.

La ejecución de la presente investigación se justificó, ya que en Sociedad Minera El Brocal S.A.A., la chancadora de rodillos CR810/08-30 SANDVIK cumple un papel muy importante en la Planta de Chancado, y, la reparación no programada de este equipo incurre en costos de falla por el mismo, así como en el tratamiento del mineral en la planta concentradora. En efecto, la presente investigación, surgió a raíz de que no se tenían paradas programadas de mantenimiento, pero estas surgían inesperadamente, convirtiéndose en paradas prolongadas y frecuentes, causando una baja productividad.

Indagando sobre la problemática señalada en el párrafo anterior, es que pudimos inferir que dicha problemática se debía a la falta de seguimiento de la máquina mediante un plan de mantenimiento que permitiera aumentar el beneficio que brinda la chancadora; luego de analizar más al detalle, es que surgió la propuesta de realizar un plan, pero para el cambio de la máquina (chancadora), dicho plan estaría centrado en la confiabilidad de la misma, para así poder incrementar la productividad.

1.6.2. LIMITACIONES DEL TRABAJO.

Las limitaciones de la investigación está centrado a los alcances establecidos por lo cual la tesis consistirá en la aplicación de una metodología para el análisis de la confiabilidad de dos equipos tecnológicos que realizan la misma función en operación de la mina, sin embargo se evidenciarán que a partir del análisis de criticidad del equipo actual justificado por su operación basado en su reporte de fallas, paradas de mantenimiento y horas de indisponibilidad, toda las repercusiones que conllevo a determinar su alternativa de cambio. En tal medida se demostrará que la propuesta tecnológica de la sustitución de cambio de chancadoras cónicas representan una ventaja que se sostendrá en una mejora del 2 % en la confiabilidad de las operaciones, los resultados evidenciarán a nivel estadístico y de proyección que la confiabilidad en la operación mejora, toda vez que la sustitución de tecnología está basado en criterios proyectables, más no ejecutado durante el contexto de investigación de la tesis, siendo así una tesis con carácter de propuesta de mejora.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. MINERÍA

Desde una perspectiva enmarcada dentro de las actividades humanas, la minería se define como una actividad productiva que ha evolucionado en forma conjunta con las sociedades. Como parte del desarrollo científico, tecnológico y social del hombre, la minería se define como:

Ciencia, técnicas y actividades que tienen que ver con el descubrimiento y la explotación de yacimientos minerales. Estrictamente hablando, el término se relaciona con los trabajos subterráneos encaminados al arranque y al tratamiento de una mena o la roca asociada. (Ministerio de Minas y Energía de la República de Colombia, 2003, p. 108).

La minería ha estado ligado fuertemente al devenir histórico de las sociedades y a su desarrollo como tal; en ese sentido, y en la práctica, la minería es un término que:

[...] incluye las operaciones a cielo abierto, canteras, dragado aluvial y operaciones combinadas que incluyen el tratamiento y la transformación bajo tierra o en superficie. La minería es una de las actividades más antiguas de la humanidad, consiste en la obtención selectiva de minerales y otros materiales a partir de la corteza terrestre. (Ministerio de Minas y Energía de la República de Colombia, 2003, p. 108).

Por otro lado, desde una perspectiva que considera las actividades realizadas para la producción minera, se tiene que la minería es toda actividad de reconocimiento, exploración y explotación de productos mineros. La minería tiene que ver con la búsqueda y obtención de las sustancias formadas por procesos naturales, con integración de elementos esencialmente provenientes de la corteza terrestre; en otras palabras, tiene que ver con la búsqueda y obtención de minerales.

La actividad minera nace casi junto con la edad de piedra y desde ese entonces ha servido para dotar a las sociedades de una cada vez mayor fuente de materiales para la fabricación de instrumentos y herramientas, construcción de maquinarias y equipos, para la construcción de obras necesarias para el desarrollo industrial y manufacturero y, la construcción de obras para el desarrollo urbano; en efecto:

La minería, como actividad económica, ha jugado un papel preponderante desde los orígenes de la humanidad, a partir de que el hombre comenzó a desarrollarla para elaborar herramientas que mejoraran su calidad de vida y permitieran su subsistencia. El uso de los metales (el grupo de productos mineros más importante, [...]) ha trascendido su empleo original en la elaboración de herramientas básicas como cuchillos, martillos, entre otros. [...]. Los metales se presentan de varias formas en la naturaleza de manera disímil, dependiendo del país o zona geográfica. Esto determina que haya “países mineros” en donde la explotación de ciertos minerales es muy importante. Por ejemplo, en Perú y Chile la importancia del cobre es significativa (Tamayo, Salvador, Vásquez & Zurita, 2017, p.19).

Asimismo, ya en un contexto enmarcado dentro de los sectores productivos de los países, la minería constituye uno de los sectores industriales más grandes e importantes a nivel mundial; esto debido a que los productos que se obtienen de ellas sirven de materia prima de primer nivel para ser empleados en la manufactura de un sinnúmero de artículos, electrodomésticos, equipos estáticos/móviles, entre otros.

2.1.1. TIPOS DE MINERÍA.

Los tipos básicos de minería, dependiendo de su forma de explotación, son: minería de tajo abierto, minería subterránea, minería marina y minería por paredones.

En el Glosario Técnico Minero del Ministerio de Minas y Energía de la República de Colombia (2003), establece la definición para cada uno de dichos tipos de minería, en los términos siguientes:

Minería a cielo abierto: Constituido por aquellas actividades y operaciones mineras desarrolladas en superficie. Se la llama también minería a tajo abierto.

Minería subterránea: Constituido por actividades y operaciones mineras desarrolladas bajo tierra o subterráneamente.

Minería marina: Constituido por actividades y operaciones mineras adelantadas en medios marinos o en el límite con ellos.

Minería por paredones: Método de explotación de carbón en fajas delgadas verticales que son cortadas por medios mecánicos a lo largo de caras o paredes rectas.

Los tipos básicos de minería, tomando como parámetro de referencia el tipo de mineral extraído, son los siguientes:

Minería metálica: Actividad de extracción de minerales caracterizados por conducir el calor y la electricidad, por ser maleables (se pueden golpear para formar láminas delgadas) y dúctiles (se pueden estirar para formar alambres). A través de la minería metálica se extrae de la corteza terrestre, los siguientes minerales: hierro, calcio, magnesio, sodio, potasio, cobre, manganeso, cinc, cobalto, molibdeno, cromo, estaño, níquel, etc.

Minería no metálica: Actividad de extracción de minerales caracterizados por su apariencia no lustrosa, por ser malos conductores del calor y electricidad, por ser muy frágiles y no poder estirarse en hilos ni en láminas, y, por tener sus puntos de fusión más bajos que los de los metales. A través de la minería no metálica se extrae de la corteza terrestre, los siguientes minerales: azufre, bromo, carbón, arcillas, sílice, caliza, etc.

Los tipos básicos de minería, tomando como parámetro de tipificación a la cantidad de mineral extraído y la producción del mismo, son: minería a granel, minería aluvial y minería de subsistencia. El Glosario Técnico Minero del Ministerio de Minas y Energía de la República de Colombia (2003), establece la definición para cada uno de dichos tipos de minería, en los términos siguientes:

Minería a granel: Método de minería que consiste en extraer grandes cantidades de mena o material de bajo tenor conjunto con la mena o material de alta ley. Cualquier método mecanizado de minería a gran escala que involucre la remoción de miles de toneladas/día, con un relativamente reducido número de personal.

Minería aluvial: Actividades y operaciones mineras adelantadas en riberas o cauces de los ríos; también se emplean métodos de minería aluvial para la extracción de minerales y materiales en terrazas aluviales.

Minería de subsistencia: Minería desarrollada por personas naturales que dedican su fuerza de trabajo a la extracción de algún mineral mediante métodos rudimentarios y que en asocio con algún familiar o con otras personas generan ingresos de subsistencia. Se denomina así a la explotación de pequeña minería de aluvión, más conocida como barequeo, y a la extracción ocasional de arcillas, en sus distintas formas, y los materiales de construcción.

Los tipos básicos de minería, tomando como parámetro de tipificación el régimen legal para la explotación, son:

Minería formal: Conformada por unidades de explotación de tamaño variable, explotadas por empresas legalmente constituidas. La minería legal es la minería amparada por un título minero, que es el acto administrativo escrito mediante el cual se otorga el derecho a explorar y explotar el suelo y el subsuelo.

Minería informal: La minería informal está constituida por las unidades de explotación pequeñas y medianas de propiedad individual y sin ningún título minero, autorizaciones para su ejercicio y mucho menos concesiones por parte del estado. Este tipo de minería es desarrollada al margen de la ley y por lo general de manera artesanal. La minería ilegal, también incluye trabajos y obras de exploración sin título minero; o, la minería amparada por un título minero, pero donde la extracción, o parte de ella, se realiza fuera del área otorgada en la licencia.

2.1.2. RECURSOS MINEROS

El recurso mineral es una ocurrencia natural de material sólido, líquido o gaseoso que posibilita la extracción económica de un producto por medios mecánicos o minero metalúrgicos. Su ubicación y características físicas de ocurrencia se conocen o son estimados a partir de evidencias geológicas específicas en cada caso. Con respecto a los recursos mineros, Delgado (2008), recomienda diferenciar los siguientes conceptos:

Reserva mineral: se denomina así a aquella parte del recurso que cumple con los criterios físicos y químicos mínimos relacionados con las prácticas específicas de minería y producción, esto incluye leyes, calidades, volúmenes o tonelaje etc. Tiene la característica de que es factible extraerla económicamente.

Recursos confirmados o medidos: se denomina así a los recursos minerales determinados por las dimensiones reveladas en afloramientos, trincheras, galerías y/o perforaciones. Los muestreos detallados van a permitir calcular la ley y tonelajes respectivos. El carácter geológico del recurso queda bien definido al haberse establecido su tamaño, forma, profundidad y contenido mineral.

Recursos indicados: los cálculos de cantidad, ley y calidad se efectúan a partir de información similar a la utilizada para los recursos confirmados, pero en este caso los lugares de inspección, muestreo y/o medición no están adecuadamente espaciados o están algo alejados, sin embargo se asume esta calificación al considerar una continuidad geológica entre los puntos observados.

Recursos inferidos: son aquellos en los que los cálculos efectuados se basan principalmente en evidencias geológicas y en asumir una continuidad de éstas, sin embargo existe menos confiabilidad que en los recursos medidos y en los recursos indicados. Los recursos inferidos pueden tener el respaldo de algunas muestras representativas, o datos geofísicos, o datos geoquímicas etc., los cuales deben ser razonablemente confiables.

Reservas seguras: aquellas delimitadas o conocidas en tres dimensiones mediante labores mineras y sondeos, es decir preparadas para ser extraídas, aceptándose un margen de error del 20%. Son estas reservas las que de acuerdo con el método de laboreo, ritmo de extracción, costos operativos, precios del mercado de minerales, costos financieros, etc. Sirven de base para el estudio de viabilidad económica del proyecto de explotación minera del criadero.

Reservas probables: aquellas delimitadas o conocidas en dos dimensiones, también mediante labores y sondeos pero, separadas o en una malla demasiado amplia, que no permiten garantizar ni la continuidad del yacimiento ni su ley media.

Reservas posibles: aquellas cuyo conocimiento se basa en alguna pequeña o aislada evidencia, labor minera o sondeo, favorables condiciones geológicas, anomalía geofísica. Evidentemente no tienen ninguna significación económica.

2.1.3. PROCESOS PRODUCTIVOS EN MINERÍA

Según Canfield (2012), las etapas que comprende el proceso productivo de una mina, son los siguientes:

Extracción: La extracción del mineral es la etapa que va desde la mina hasta la planta de procesos. Tiene como objetivo: extraer la roca desde la mina para ser enviada a la siguiente etapa. La extracción del mineral se puede llevar a cabo mediante dos formas: extracción a tajo abierto o extracción subterránea.

Procesamiento: En esta etapa el mineral se somete a varios procesos que tienen por finalidad aumentar su concentración (contenido metálico) para hacer posible su venta o prepararlo para el proceso de fundición y refinación. Tiene por objetivos: reducir de tamaño por métodos físicos para liberar las partículas metálicas desde la roca; y, aumentar la concentración de los metales por métodos físico - químicos.

Fundición: Etapa que tiene que ver con la separación de los metales contenidos en los concentrados. Consiste en la separación de los metales contenidos en los concentrados por

un proceso pirometalúrgico (con altas temperaturas que funde el concentrado, transformándolo de sólido a líquido).

Refinación: Etapa que tiene que ver con la purificación de los metales producto de la fundición, para su transformación industrial. Consiste en la obtención de los metales en un estado de pureza tal, que están aptos para su transformación industrial.

2.2. PLANTAS DE TRITURACIÓN EN MINERÍA

Los procesos asociados a la obtención de los concentrados de minerales son diversos, entre los principales se pueden mencionar: la flotación y la lixiviación. Estos procesos mencionados involucran una serie de equipos de considerable magnitud en relación a su mantenibilidad y consumo de energía; por ejemplo, las plantas de trituración o chancadoras.

Existe una gran diversidad de procesamientos metalúrgicos, dependiendo de las características del mineral. Uno de los principales métodos es la flotación, que es un proceso fisicoquímico que tiene por objetivo la separación de especies minerales mediante la adhesión selectiva de partículas minerales a burbujas de aire.

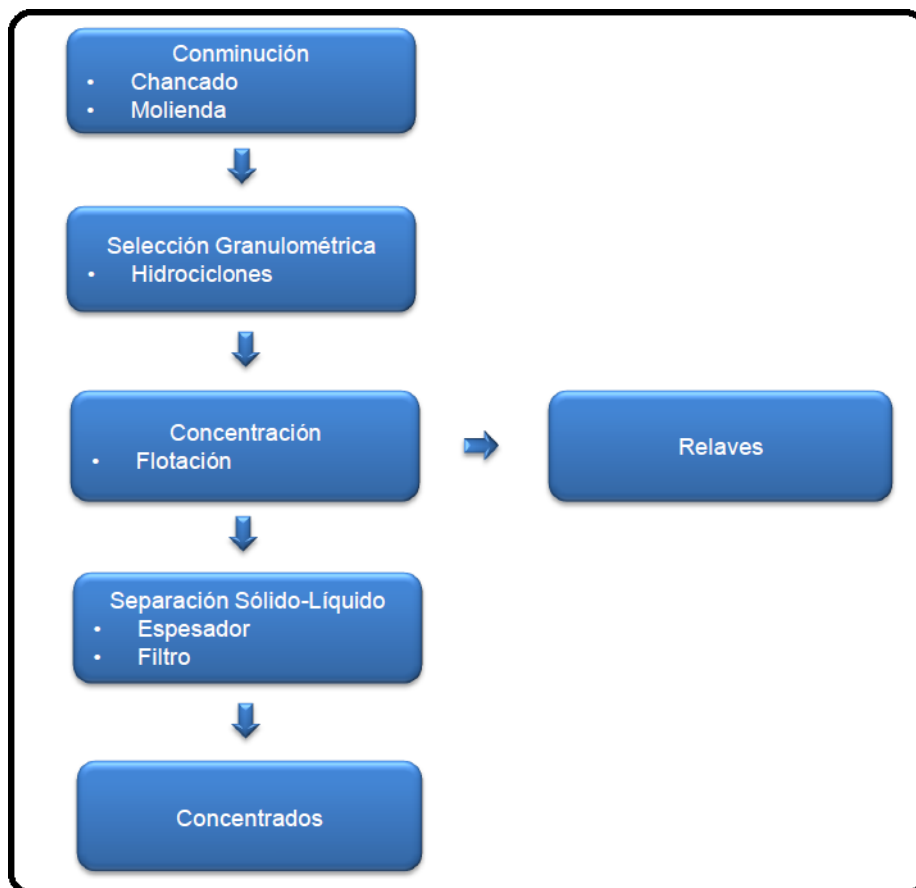


Figura 1. La trituración o chancado en los procesos productivos mediante flotación.

Fuente: Canfield (2012). Etapas del Proceso Productivo de una Mina; p.20.

Al igual que en el proceso metalúrgico productivo de flotación (Sulfuros – minerales profundos), en el proceso de lixiviación (Óxidos - minerales en superficie), el chancado constituye el primer paso o inicio de dicho proceso.

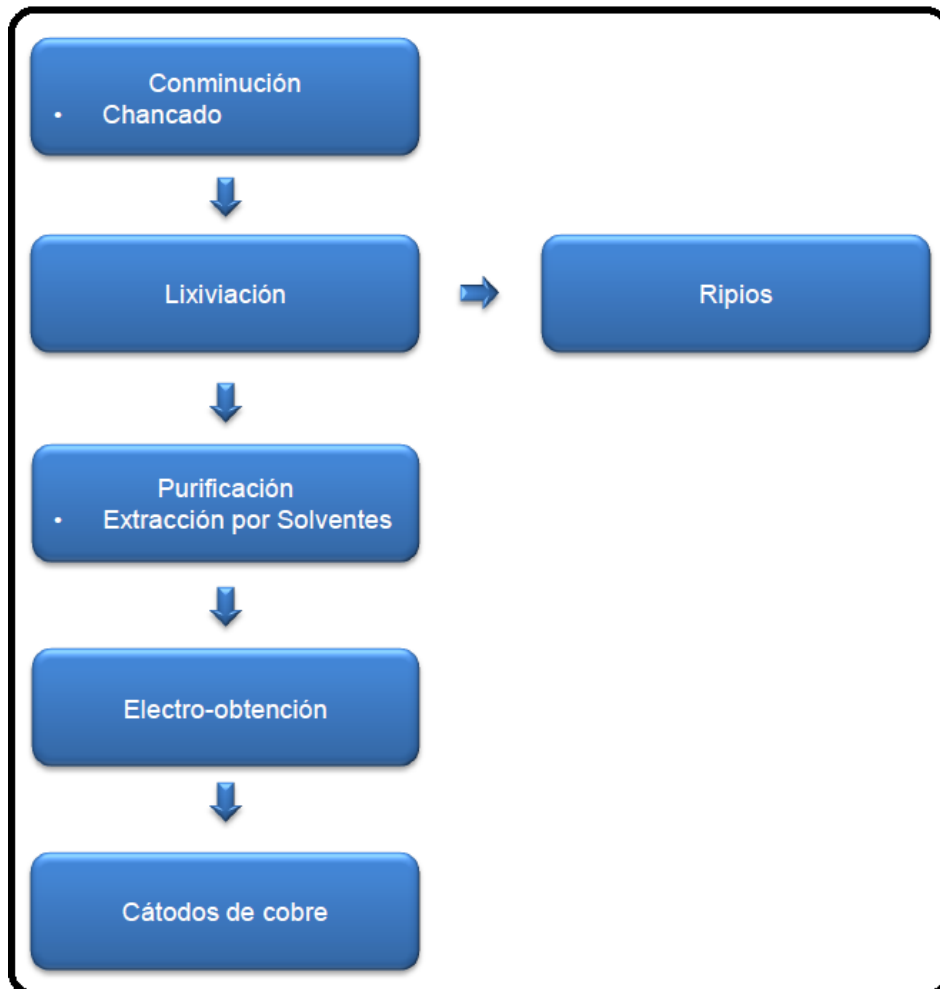


Figura 2. La trituración o chancado en los procesos productivos mediante lixiviación.

Fuente: Canfield (2012). Etapas del Proceso Productivo de una Mina; p.21.

El proceso de chancado o trituración es la primera etapa de conversión del material extraído del tajo o socavón.

El chancado se realiza mediante máquinas pesadas que se mueven con lentitud y ejercen presiones muy grandes a bajas velocidades. La fuerza se aplica a los trozos de roca mediante una superficie móvil o mandíbula que se acerca o aleja alternativamente de otra superficie fija capturando la roca entre las dos. Una vez que la partícula grande se rompe, los fragmentos se deslizan por gravedad hacia regiones inferiores de la máquina y son sometidas de nuevo a presiones sufriendo fractura adicional. (Schulz, 2003, p.132).

El chancado o trituración forma parte del proceso general llamado conminución de materiales, el cual alude a la reducción de tamaño de un material y que puede ser aplicado sin importar el mecanismo de fractura involucrado. Entre las máquinas utilizadas para la reducción de tamaño de los materiales destacan, entre otros, las chancadoras (trituradoras) y los molinos rotatorios que pueden ser de varios tipos.

En síntesis, las plantas de trituración constituyen aquellos equipos que tienen como finalidad la trituración o chancado del material (mena), procedente de la mina. El chancado consiste en reducir de tamaño las rocas que se alimentan a la chancadora, esto con el fin de preparar el material para el proceso de molienda. Por lo general se adecuan un número de etapas de chancado de acuerdo al tamaño de alimentación y de descarga final hacia la molienda. El proceso de chancado utiliza algunas máquinas de conminución que efectúan la reducción de tamaños a través de compresión lenta, algunos a través de impactos de alta velocidad y otros principalmente a través de esfuerzos de corte o cizalle. Con respecto a las máquinas trituradoras o chancadoras, en el subcapítulo que prosigue se presenta una descripción general y clasificación de las mismas; por otro lado, para ahondar en detalles sobre el proceso de trituración, en anexos se presenta un esquema que describe dicho proceso (En anexos, ver: «ANEXO 2. DIAGRAMA DEL PROCESO DE TRITURACIÓN»).

2.3. MAQUINAS TRITURADORAS

Una máquina trituradora también conocida como chancadora o chancador, es un tipo de máquina utilizada para procesar un material de forma tal que produce un nuevo material que se diferencia del anterior solamente en el tamaño, es decir, solo modifica las dimensiones del material de entrada, ofreciendo como producto trozos del mismo material pero de un tamaño menor al tamaño original. El trabajo de una chancadora es posible gracias a la energía eléctrica que es transmitida a la chancadora a través de motores eléctricos, poleas, engranajes y correas.

2.3.1. CLASIFICACIÓN SEGÚN EL TAMAÑO DEL MATERIAL TRATADO

Como se señalara anteriormente, la operación o proceso de trituración, es la primera etapa mecánica de la conminución. Por lo general se lo realiza en seco y en etapas sucesivas. Industrialmente se utilizan diferentes tipos de máquinas de trituración y suelen clasificarse de acuerdo a la etapa en que se utilizan y el tamaño de material tratado. (Alcalá, Flores & Beltrán, 2014).

2.3.1.1. CHANCADO PRIMARIO

La chancadora primaria es el equipo o máquina que realiza el primer proceso de chancado del material. Dependiendo de las solicitudes impuestas a la máquina, la chancadora primaria ofrecerá productos con requerimientos específicos que no necesariamente serán los finales, pero si los óptimos para el proceso siguiente. Con respecto al chancador primario, tenemos que este:

[...] puede ser un chancador giratorio, el que está formado por una superficie fija y una móvil, ambas con la forma de un cono invertido. La superficie móvil gira con un movimiento excéntrico en un eje de rotación diferente al de la pieza fija y, por tanto, las rocas son trituradas cuando las dos superficies se encuentran. (Ministerio de Minería de Chile, 2018).

Dado que las chancadoras pueden clasificarse básicamente de acuerdo al tamaño del material tratado, para el caso de la chancadora primaria o gruesa, se tiene que esta “trata el material que viene de la mina, con trozos máximos de hasta 1.5m (60pulg) y lo reduce a un producto en el rango de 15 a 20cm (6 a 8pulg.)” (Schulz, 2003, p.132).

En la figura que prosigue se representa la función que cumple la trituradora dentro del proceso de chancado primario.

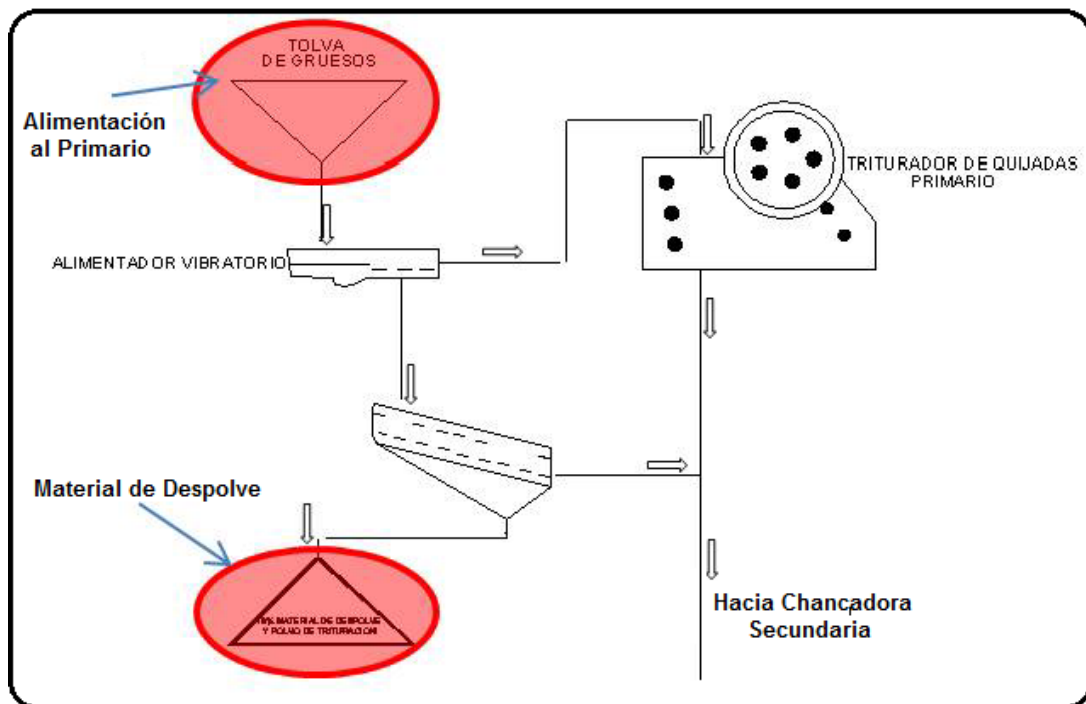


Figura 3. La trituración – etapa de chancado primario.

Fuente: Adaptado del diagrama del proceso de trituración presentado por: Melgar (2010). Proyecto minero para la explotación de agregados pétreos “Unidad Minera La Loma, Querétaro, QRO.”; p.48.

2.3.1.2. CHANCADO SECUNDARIO

Chancadora secundaria es la denominación que se le da a la máquina trituradora utilizada en el chancado secundario. Según Schulz (2003), la chancadora secundaria toma el producto de la chancadora primaria y lo reduce a su vez a un producto de 5 a 8cm (2 a 3pulg).

En la figura que prosigue se representa la función que cumple la trituradora dentro del proceso de chancado secundario.

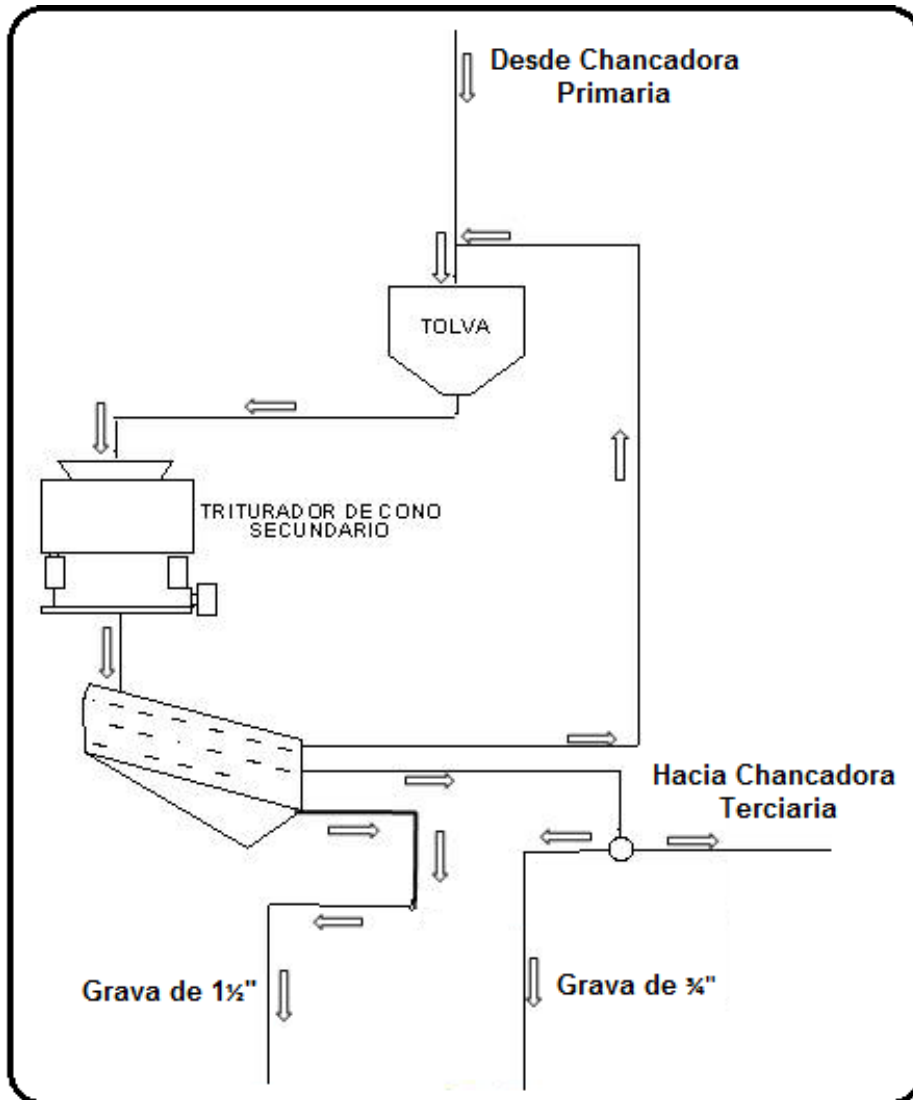


Figura 4. La trituración – etapa de chancado secundario.

Fuente: Adaptado del diagrama del proceso de trituración presentado por: Melgar (2010). Proyecto minero para la explotación de agregados pétreos “Unidad Minera La Loma, Querétaro, QRO.”; p.48.

2.3.1.3. CHANCADO TERCIARIO

Chancadora terciaria es la denominación que se le da a la máquina trituradora utilizada en el chancado terciario. Según Schulz (2003), la chancadora terciaria toma el producto de la

chancadora secundaria y lo reduce a su vez a un producto de 1 a 1.5cm ($\frac{3}{8}$ a $\frac{1}{2}$ pulgada) que normalmente va a una etapa de molienda.

En la figura que prosigue se representa la función que cumple la trituradora dentro del proceso de chancado terciario.

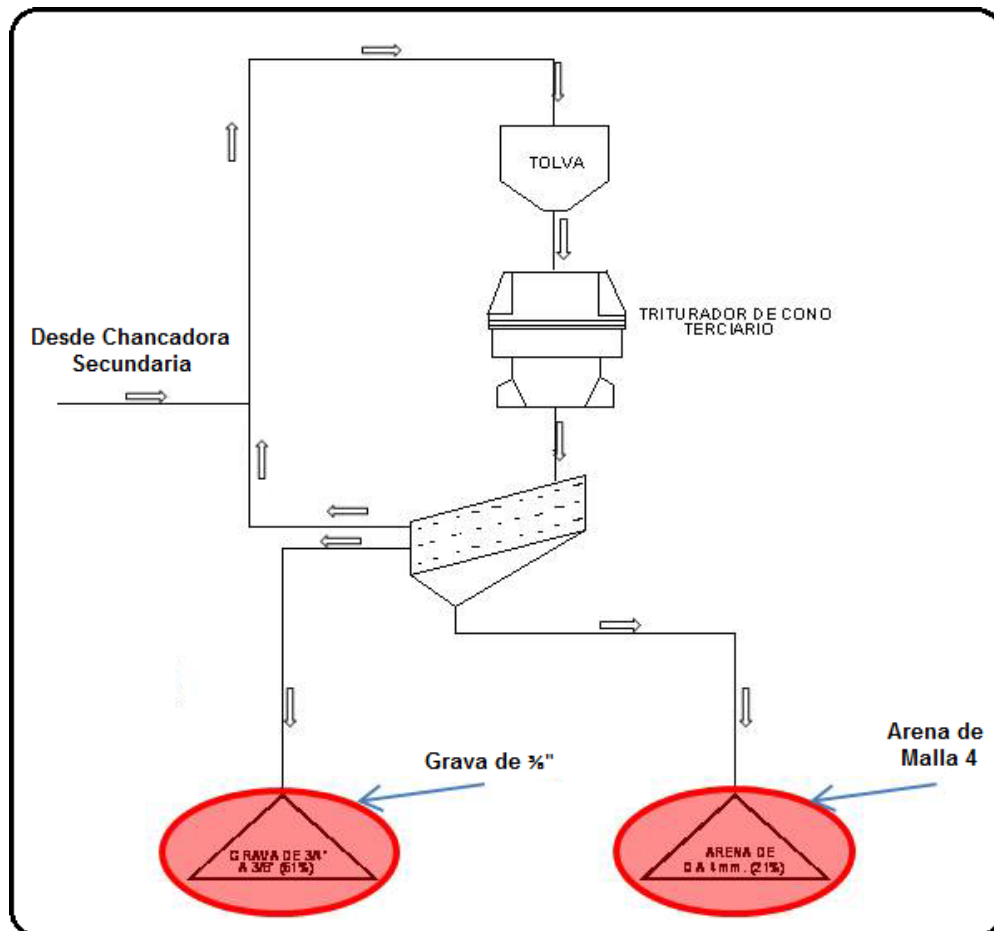


Figura 5. La trituración – etapa de chancado terciario.

Fuente: Adaptado del diagrama del proceso de trituración presentado por: Melgar (2010). Proyecto minero para la explotación de agregados pétreos “Unidad Minera La Loma, Querétaro, QRO.”; p.48.

2.3.2. CLASIFICACIÓN SEGÚN TIPO DE CHANCADORA POR ETAPA

La clasificación de las chancadoras según tipo de máquina trituradora recomendada para cada etapa del proceso de chancado, se deriva de la clasificación anterior, así tenemos:

Dado que las trituradoras primarias son aquellas chancadoras que fragmentan trozos grandes hasta un producto de 6 a 8 pulgadas; Alcalá, Flores & Beltrán (2014), señalan que para tal cometido se tienen dos tipos de máquinas: Trituradoras de mandíbulas y trituradoras giratorias.

Por otro lado, dado que las trituradoras secundarias fragmentan el producto de la trituración primaria hasta tamaños de 2 a 3 pulgadas; Alcalá y otros (2014), señalan que para tal cometido se tienen dos tipos de máquinas: Trituradoras giratorias y trituradoras cónicas.

Asimismo, dado que las trituradoras primarias son aquellas chancadoras que fragmentan trozos grandes hasta un producto de $\frac{3}{8}$ " a $\frac{1}{2}$ "; Alcalá y otros (2014), señalan que para tal cometido se tienen dos tipos de máquinas: Trituradoras cónicas y trituradoras de rodillos.

En el contexto de la presente investigación, la cual se circunscribe al área de chancado secundario de la planta concentradora de Huaraucaca de la Sociedad Minera El Brocal, se tiene que actualmente viene operando una chancadora de rodillos Modelo CR810/08-30 SANDVIK. Dicha chancadora según lo acabado de señalar se ajusta más para operar en el chancado terciario. En cambio la chancadora cónica se ajusta tanto para chancado secundario como terciario.

Dado que la propuesta se circunscribió al área de chancado secundario la planta concentradora de Huaraucaca, y, la investigación tuvo que ver solamente con chancadoras de rodillo y cónicas; en lo que prosigue se describe dichos tipos de máquinas trituradoras.

2.3.2.1. CHANCADORA DE RODILLOS

La chancadora de rodillos es utilizada para la reducción del tamaño de un material de dureza media o baja. Este tipo de equipos son utilizados por lo general cuando se requiere un grado alto de homogeneidad en el tamaño del material reducido; sin embargo tiene como punto en contra su baja capacidad en el volumen de los costos de producción y mantenimiento frente a un triturador cónico o de mandíbula, por ejemplo.

Las trituradoras de rodillos suelen ser rentables económicamente respecto a sus oponentes cuando el material a procesar tiene poco grado de abrasión, es decir, cuando la cohesión interna del material no es fuerte; luego, en casos contrarios no es un equipo muy conveniente de utilizar. En ese respecto tenemos que:

Este tipo de chancadoras eran usadas para el tratamiento de minerales blandos. En casos especiales de chancado fino pueden ser aplicadas, pero para chancado convencional eran obsoletas hasta la aparición de las chancadoras de rodillos de alta intensidad que por su alta eficiencia y capacidad están encontrando aplicación industrial en gran minería para chancado fino. (Zegarra, 2017, p.45).

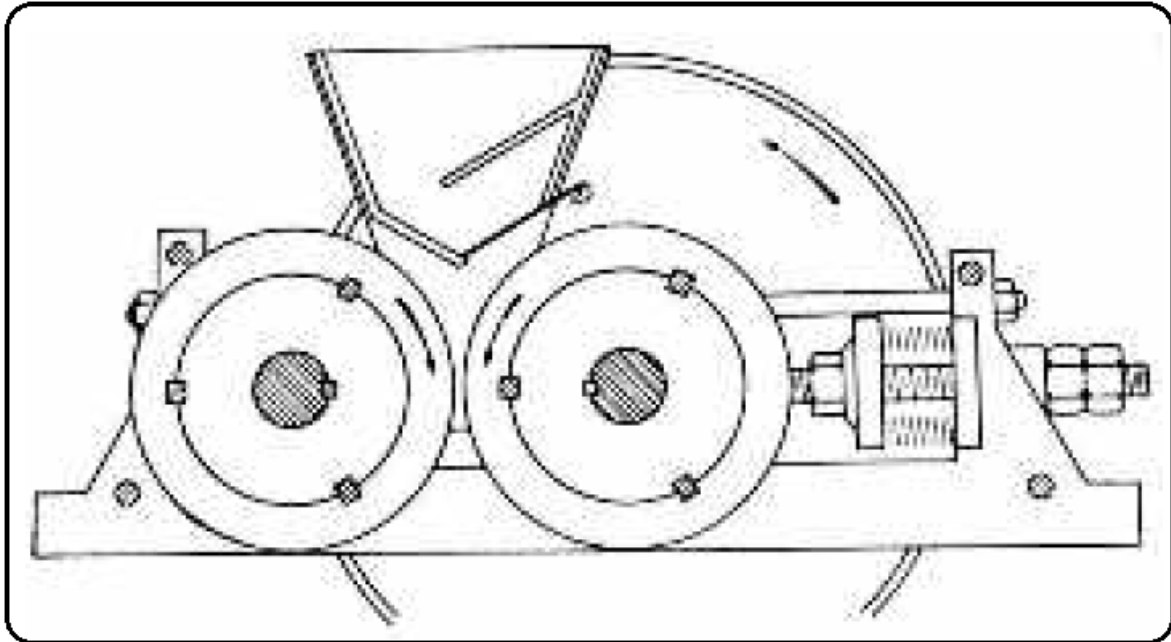


Figura 6. Esquema de una trituradora de rodillos.

Fuente: Alcalá, Flores & Beltrán (2014). Manual de entrenamiento en concentración de minerales.

La trituradora de rodillos tiene amplia aplicación en las industrias de la minería, materiales de construcción, industria química, metalurgia, etc. La trituradora de rodillos puede aplastar a los materiales con una dureza media o inferior a la dureza del medio en secundaria o granularidad fina, como trituración de minerales, rocas, coque, carbón, escoria, escoria, y el material a prueba de fuego, etc.

2.3.2.2. CHANCADORAS CÓNICAS

La chancadora cónica es utilizada generalmente en etapas de trituración secundaria y terciaria debido a su capacidad alta de reducción del material. Esto último porque se obtiene un mayor tiempo de residencia en la cámara de chancado en comparación a la anterior opción mencionada. Con respecto al rendimiento de este tipo de máquinas trituradoras, es de tener en cuenta que las chancadoras cónicas:

Son las de mayor uso en nuestras operaciones de mediana minería, aplicadas como secundarias para el caso de las de diseño estándar y las de cabeza corta son utilizadas para chancado terciario. Reportan alto radio de reducción alcanzando hasta 7/1 produciendo chancado de hasta ¼”.

Las de cabeza corta pueden operar eficientemente en circuito cerrado por contar con menor excentricidad que las de diseño estándar contando con sistemas de cierre hidráulico. (Zegarra, 2017, p.42).

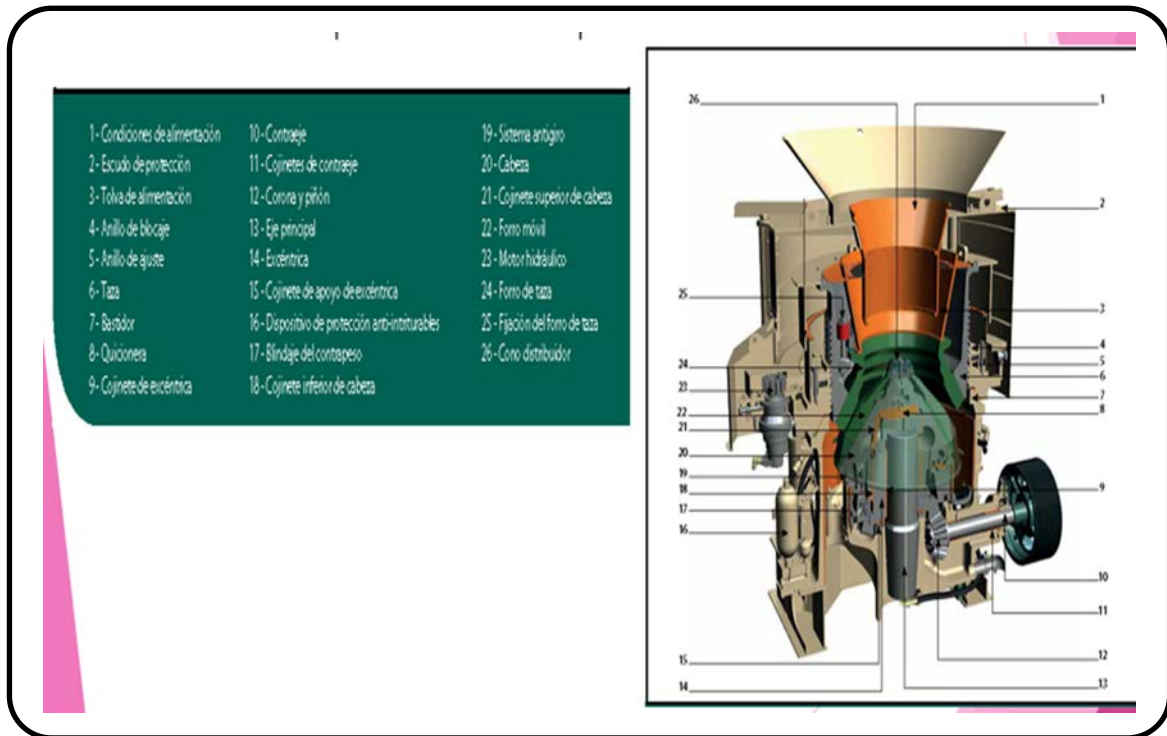


Figura 7. Corte transversal del cuerpo de un chancador de cono.

Fuente: Schulz (2003). Introducción a la Metalurgia; p.136.

Algunas características de funcionamiento a tenerse en cuenta con respecto a las chancadoras cónicas son las siguientes:

- Las chancadoras cónicas usadas a partir de la segunda etapa de reducción mecánica, luego, las chancadoras secundarias son más livianas que las máquinas primarias, puesto que toman el producto chancado en la etapa primaria como alimentación.
- Las chancadoras secundarias, entre ellas las cónicas, trabajan con alimentación seca y su propósito es reducir el mineral a un tamaño adecuado para molienda o chancado terciario si es el que el material lo requiere.
- Las chancadoras usadas en chancado secundario y terciario son esencialmente las mismas excepto que para chancado terciario se usa una abertura de salida menor; luego, la chancadora de cono es una chancadora giratoria modificada, cuya principal diferencia con la giratoria es el diseño aplanado de la cámara de chancado para dar alta capacidad y alta razón de reducción del material.

2.4. CONFIABILIDAD

La confiabilidad puede ser definida como la “confianza” que se tiene de que un componente, equipo o sistema desempeñe su función básica, durante un período de tiempo preestablecido,

bajo condiciones estándares de operación. Otra definición importante de confiabilidad es; probabilidad de que un ítem pueda desempeñar su función requerida durante un intervalo de tiempo establecido y bajo condiciones de uso definidas.

El costo de la confiabilidad en el mantenimiento Para que se tenga confiabilidad en equipos y sistemas, no se debe olvidar que esto requiere necesariamente inversión de capital. La confiabilidad por tanto será obtenida, por ejemplo, a través de más material, o sea, mayor espesor o dimensión, mejores materiales o manteniendo equipos de reserva para que actúen como substitutos, en el caso de que falle el equipo principal.

La confiabilidad, es la probabilidad de que un equipo o un sistema cumplan con su misión específica bajo condiciones de uso determinadas en un periodo determinado. “La palabra confiabilidad designa la probabilidad de que un sistema cumpla satisfactoriamente con la función para la que fue diseñado, durante determinado período y en condiciones especificadas de operación. Así un evento que interrumpa ese funcionamiento se denomina falla” (Coronel, 2003, p.9).

2.4.1. NIVEL DE CONFIABILIDAD

El nivel de confiabilidad requerido por un sistema debe ser establecido de acuerdo con la criticidad de las cargas del mismo y debe basarse en estudios que contemplen las necesidades o características del proceso en términos de disponibilidad, seguridad, mantenimiento y fiabilidad; luego, un sistema confiable debe garantizar la seguridad de las personas y de los procesos críticos ante cualquier eventualidad; para tal efecto se debe tener presente los siguientes factores:

- La disponibilidad, que representa el porcentaje del tiempo en el que el sistema funciona correctamente o que se encuentre disponible.
- La mantenibilidad, que hace alusión a la aptitud del sistema a ser reparado rápidamente; es decir, a cuan factible y viable es la reparación inmediata del sistema.
- La seguridad, es la probabilidad de evitar un suceso catastrófico que genere daños graves o ponga en riesgo la vida de las personas.

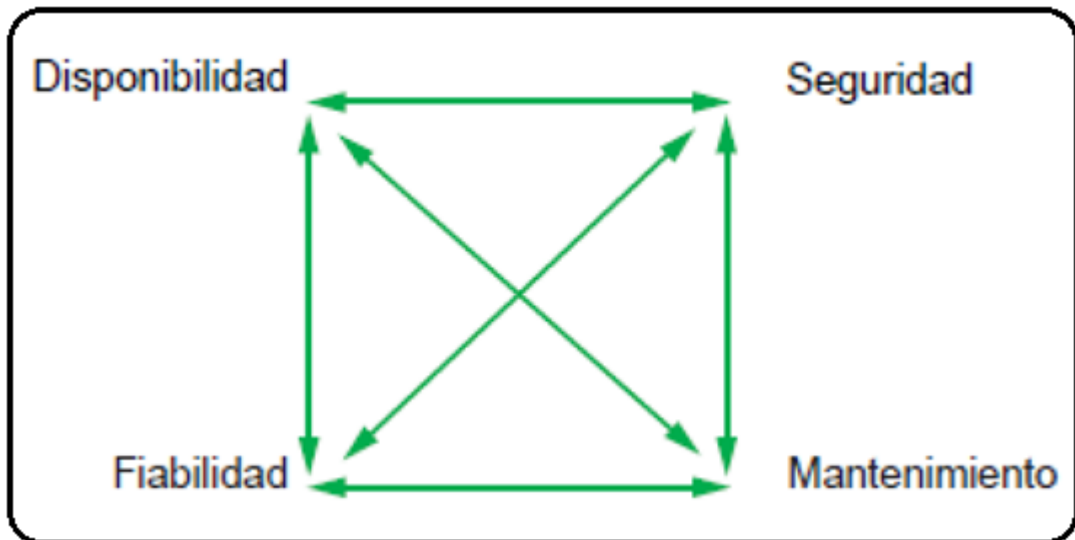


Figura 8. Componentes de la garantía de funcionamiento de un sistema.

Fuente: Orjuela (2008). La confiabilidad en los sistemas eléctricos; pág. 3.

2.4.2. FACTORES DE LA CONFIABILIDAD

Los factores de la confiabilidad son aquellos descriptores que describen y explican dicho concepto con la finalidad de caracterizarlo cualitativa y cuantitativamente. Son factores de la confiabilidad, los atributos, medios y amenazas.

Los atributos de la confiabilidad, es el factor que destaca los atributos más importantes que definen la confiabilidad, los cuales, según Paoli (2003) y Asgari et al (2005), citados por Méndez (2008); son los siguientes:

- Fiabilidad: es el índice de continuidad de un servicio en forma correcta.
- Disponibilidad: es el grado en el que un componente o sistema es accesible y puede operar cuando se requiere para el uso.
- Mantenibilidad: es la capacidad que posee un componente o sistema para sufrir reparaciones y modificaciones; es decir, la capacidad de adaptación a la manipulación y transformación con fines de mantener la operatividad del componente o sistema.
- Seguridad: es expresada a través de la ausencia de consecuencias catastróficas sobre el usuario y/o medio ambiente causados por el sistema y/o un componente.
- Exactitud: es la habilidad del componente o sistema de proporcionar las salidas requeridas dentro del rango deseado y con la precisión solicitada.

- Garantía: es la capacidad que tiene un componente o sistema para resistir el mal uso, abuso y desastre.

Por otro lado, los medios para aumentar la confiabilidad, lo constituyen aquellos factores que destacan los mecanismos existentes para aumentar la confiabilidad, en una búsqueda constante de evitar y prevenir las amenazas, y, cuando estos no son posibles, controlar la situación y en algunos casos garantizar que el proceso siga funcionando, aunque esto afecte su desempeño y acorte su vida. Según Avizienis et al (2001), citado por Méndez (2008); los medios para aumentar la confiabilidad son:

- Prevención de fallas: mediante técnicas de control de calidad empleadas durante el proceso de diseño y manufactura.
- Tolerancia a la presencia de fallas: mediante la búsqueda de mecanismos orientados a garantizar el funcionamiento y operatividad del sistema, a pesar de estar soportando fallas.
- Eliminación de fallas: basado en el aseguramiento de que el sistema durante su funcionamiento y operatividad no presente fallas; o, de presentarlos, funcione en condiciones consideradas como normales.
- Predicción de fallas: mediante técnicas de prevención y pronóstico de fallas durante el funcionamiento y operatividad del sistema.

Asimismo, las amenazas de la confiabilidad, lo constituyen aquellos factores de la confiabilidad que destacan las amenazas que por diversas causas, provocan una situación anormal dentro del sistema o componente, un funcionamiento fuera de lo previsto, o, un caso que nunca se había presentado. Según Avizienis et al (2001) y Paoli (2003), citados por Méndez (2008); las amenazas de la confiabilidad pueden ser:

- Falla (fault): es la causa adjudicada de un error. Es una falla activa si se produce un error e inactiva si no se produce.
- Error (error): es un estado del sistema que puede causar una subsecuente avería.
- Avería (Failure): es un evento que ocurre cuando el servicio entregado se desvía del servicio correcto.

En la figura que prosigue se presenta esquemáticamente los factores de la confiabilidad acabados de citar.

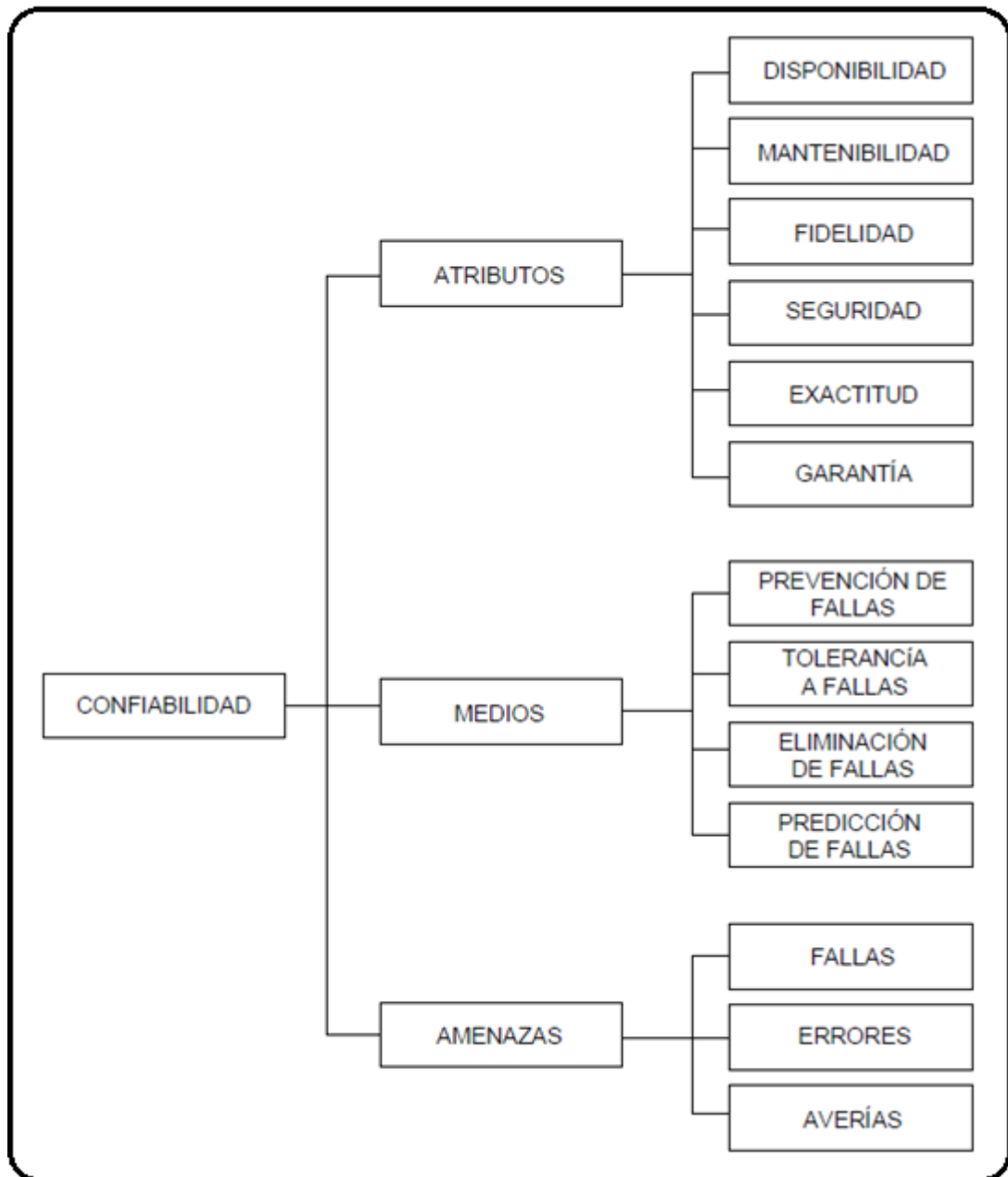


Figura 9. Factores de la confiabilidad.

Fuente: Méndez (2008). Análisis de confiabilidad utilizando modelos de componentes genéricos y matrices de propagación de fallas; p.8.

2.5. CONFIABILIDAD EN LAS PLANTAS TRITURADORAS (CHANCADORAS)

Según Mesa, Ortiz & Pinzón (2006), para aumentar la producción en una planta, es indispensable que las tres disciplinas disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad se relacionen entre sí, de tal manera que, si se quiere aumentar, por ejemplo, la disponibilidad en una planta, sistema o equipo, se debe: aumentar la confiabilidad, expresada por el tiempo en que el equipo o instalación quedó disponible para producir (TMEF); reducir el tiempo

empleado en la reparación, expresado por el tiempo total de reparación (TMPR); y, aumentar el TMEF y reducir el TMPR simultáneamente.

En el caso de la presente investigación, para aumentar la confiabilidad de la planta de chancado secundario de la Empresa Sociedad Minera El Brocal S.A.A., se relacionó el Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF), el Tiempo Medio Para Reparar (MTTR), y la disponibilidad de la instalación.

2.5.1. TIEMPO MEDIO ENTRE FALLOS

El Tiempo Medio Entre Fallas (Mean Time Between Failures o MTBF por sus siglas en inglés) es un Indicador Clave de Rendimiento (*Key Performance Indicator* o KPI por sus siglas en inglés), que estadísticamente significa el tiempo promedio entre fallas. En efecto, el MTBF es literalmente el promedio de tiempo transcurrido entre una falla y la siguiente. Otra forma de entender este concepto es considerándolo como el tiempo promedio que la planta trituradora funciona hasta que falla y necesita ser reparado.

El MTBF es conocido también como indicador clave de las fallas de la planta chancadora y se calcula de la siguiente manera:

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Tiempo total de funcionamiento de la planta}}{\text{Número de fallas}}$$

2.5.2. TIEMPO MEDIO DE REPARACIÓN

El Tiempo Medio Para Reparar (*Medium Time To Repair* o MTTR por sus siglas en inglés), es otro KPI importante en el mantenimiento de la planta chancadora. El "Tiempo Medio Para Reparar" (MTTR) es el tiempo promedio que toma reparar algo después de una falla. El MTTR se calcula de la siguiente manera:

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Tiempo total de inactividad de la planta}}{\text{Número de fallas}}$$

2.5.3. DISPONIBILIDAD

En forma general, la disponibilidad de una instalación se define como “la proporción del tiempo que dicha instalación ha estado en disposición de producir, con independencia de que finalmente lo haya hecho o no por razones ajenas a su estado técnico” (García, 2012, p.5).

De acuerdo con García (2012), los principales factores a tenerse en cuenta en el cálculo de la disponibilidad son los siguientes:

- N° de horas totales de producción.
- N° de horas de indisponibilidad total para producir, que pueden ser debidas a diferentes tipos de actuaciones de mantenimiento:
 - * Intervenciones de mantenimiento programado que requieran parada de planta.
 - * Intervenciones de mantenimiento correctivo programado que requieran parada de planta o reducción de carga.
 - * Intervenciones de mantenimiento correctivo no programado que detienen la producción de forma inesperada y que por tanto tienen una incidencia en la planificación ya realizada de la producción de energía.
- Número de horas de indisponibilidad parcial, es decir, número de horas que la planta está en disposición para producir pero con una capacidad inferior a la nominal debido al estado deficiente de una parte de la instalación, que impide que ésta trabaje a plena carga.

La disponibilidad propiamente dicha es el cociente entre el tiempo disponible para producir y el tiempo total de parada. Para calcularlo, es necesario obtener el tiempo disponible, como resta entre el tiempo total, el tiempo por paradas de mantenimiento programado y el tiempo por parada no programada. Una vez obtenido se divide el resultado entre el tiempo total del periodo considerado.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas parada por mantenimiento}}{\text{Horas totales}}$$

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Según la tipificación propuesta por Hernández, Fernández y Baptista (2010), la presente investigación es tipo explicativa ya que mediante la propuesta de sustitución de la chancadora de rodillos por dos chancadoras cónicas, se explica las implicancias que tiene dicha sustitución en la mejora de la confiabilidad de las chancadoras.

3.2. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

El método empleado en la investigación se encuentra dentro de los métodos generales y es el método analítico.

3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño utilizado en la investigación correspondió al PRE experimental, esto en el sentido de que se consideró un escenario de intervención y se previó la mejora de la confiabilidad de las plantas chancadoras, sin manipular las variables, solo simulándolas.

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.4.1. POBLACIÓN

La población de la presente investigación comprende la Planta de Chancado en su totalidad que comprende las plantas primarias, secundarias y terciarias operando en la empresa Sociedad Minera El Brocal S.A.A.

3.4.2. MUESTRA

La muestra seleccionada de forma no probabilística e intencionada, comprende la Planta de Chancado Secundario Pb/Zn de la empresa Sociedad Minera El Brocal S.A.A.

3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA OBTENCIÓN DE DATOS

Las principales técnicas y sus correspondientes instrumentos utilizados en la ejecución de la presente investigación fueron las siguientes:

- El Análisis documental: Utilizando como instrumento de recolección los datos de fuentes documentales, fichas textuales y de resumen; recurriendo como fuentes a

libros especializados, documentos oficiales e Internet; que aplicamos para obtener los datos de los dominios de las variables: conceptos básicos, técnicas avanzadas.

- La técnica de la entrevista: Utilizando como instrumento de recolección los datos de campo, como guía de entrevista recurriendo como informantes a: quienes dominan el tema para obtener los datos de los dominios de las variables, así como a técnicas empleadas y recursos.
- La técnica de la observación de campo: Utilizando como instrumento de recolección de datos de campo un protocolo o guía de observación que aplicaremos para obtener los datos del dominio de las variables.

3.6. TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Luego de realizar la recolección de datos (Trabajo de campo), se procedió con el trabajo de gabinete que consistió en realizar las actividades que se detallan en los apartados que prosiguen.

3.6.1. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Los datos obtenidos mediante la aplicación de las técnicas antes mencionadas, fueron ordenados teniendo en cuenta las variables e indicadores objeto de estudio. En ese sentido, se tuvo en cuenta que el procesamiento de la información “consiste en ordenar los datos de acuerdo a los indicadores de cada variable y en relación a los objetivos de la investigación y a la hipótesis de trabajo” (Torres, 2002, p.205).

Teniendo en claro lo que conlleva el procesamiento de la información, se consideró el tratamiento matricial de los indicadores de la variable independiente (Filas) con los indicadores de la variable dependiente (Columnas). , la tabulación de los resultados y la interpretación de los mismos. Los resultados del procesamiento de la información se presentan en el siguiente capítulo (Ver: «4.2.1. COMPARACIÓN ENTRE CHANCADORA DE RODILLOS Y CÓNICAS»).

3.6.2. ANÁLISIS DE DATOS

Para el análisis de datos se tuvo en cuenta que este procedimiento es posterior al procesamiento de la información y se realiza en términos de los datos ya procesados; en ese sentido se tuvo en cuenta que el análisis de datos: “Es el proceso a través del cual ordenamos, clasificamos y presentamos los resultados de la investigación en cuadros estadísticos, en

gráficas elaboradas y sistematizadas a base de técnicas estadísticas con el propósito de hacerlos comprensibles” (Torres, 2002, p.279). Además se tuvo en cuenta que el análisis de la información documental, debe estar orientada a probar la hipótesis. Los resultados del análisis de datos se presentan en el Capítulo IV (Ver: «4.2.2. CONFIABILIDAD DE LAS CHANCADORAS»).

3.6.3. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Para efectos de la interpretación de resultados se tuvo en cuenta los resultados obtenidos en el análisis de datos; al cual se le dio un significado más general, “relacionándolos con los conocimientos considerados en el planteamiento del problema y en el marco teórico y conceptual de referencia” (Torres, 2002, p.279). La interpretación de los resultados estuvo centrado en determinar la influencia que tuvo en la confiabilidad de la planta concentradora, la sustitución de la chancadora de rodillos por dos chancadoras cónicas. Los resultados de la interpretación de los resultados se presentan en el capítulo que prosigue (Ver: «4.3.1. LOGRO DE OBJETIVOS DE LA PROPUESTA» y «4.3.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS»).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CONSIDERACIONES GENERALES

Como parte de la gestión predictiva en la Empresa Minera El Brocal, se ha consolidado la medición mediante el uso de técnicas tales como vibración, termografía, ultrasonido y análisis de aceite. Con respecto a lo acabado de señalar, Hermoza (2017), señala: “Esto ayuda en la prevención de fallas de los equipos, y permite mantener una visión a mediano y largo plazo en lo que respecta a cambios de componentes críticos y programas de mantenimiento” (p.30).

Con respecto al comportamiento de la disponibilidad de la Planta de Chancado Pb/Zn de la Empresa Minera El Brocal, en la figura que prosigue se representa esquemáticamente la variación de dicho indicador de mantenimiento durante el año 2016.

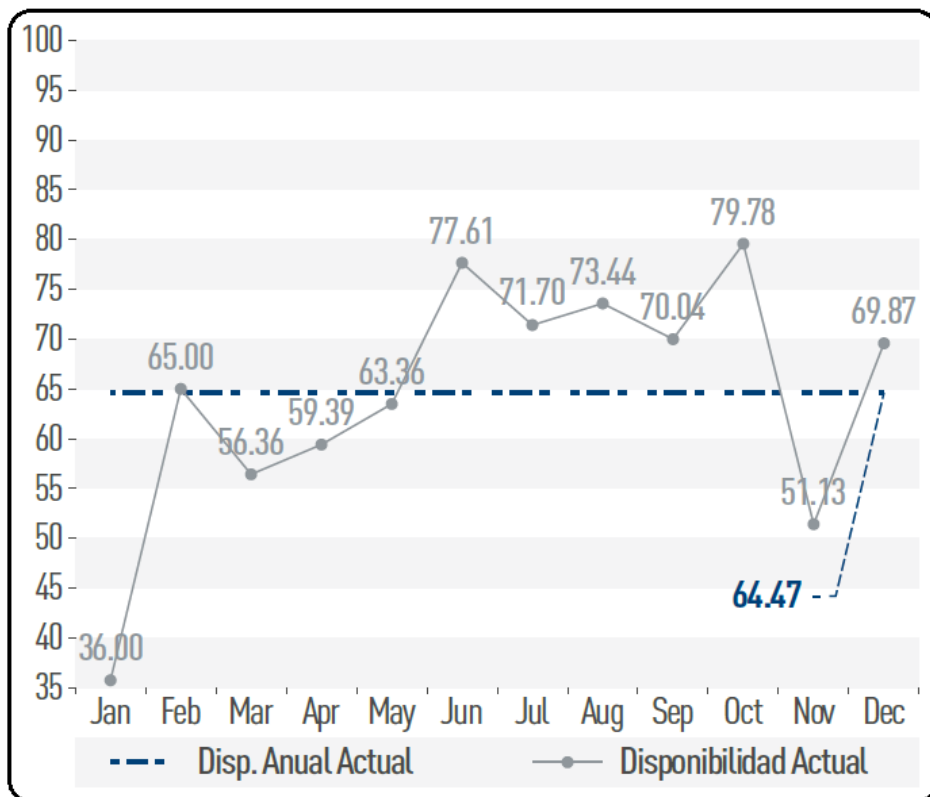


Figura 10. Disponibilidad anual de la Planta de Chancado Pb/Zn de la Empresa Minera El Brocal – Año 2015.

Fuente: Hermoza (2016). El Brocal - Memoria anual 2015; p.30.

Con respecto al comportamiento de la disponibilidad de la Planta de Chancado Pb/Zn, durante el año 2016, en la figura que prosigue se representa la variación porcentual durante los meses del año en cuestión.

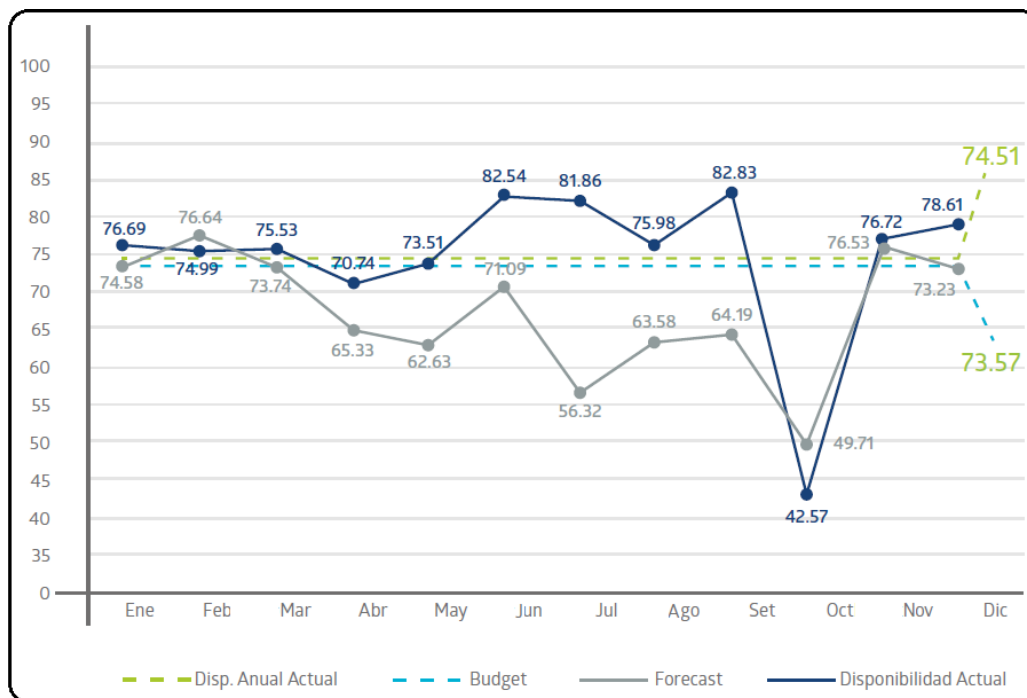


Figura 11. Disponibilidad anual de la Planta de Chancado Pb/Zn de la Empresa Minera El Brocal – Año 2017.

Fuente: Gobitz (2018). El Brocal - Memoria anual 2017; p.36.

En síntesis, en lo que se refiere a gestión de confiabilidad en la Empresa Minera El Brocal, diariamente se monitorean los indicadores de mantenimiento. Se registra la disponibilidad, el tiempo medio entre reparaciones (MTTR), tiempo medio entre fallas (MTBF), cumplimiento del preventivo, horas hombre (HH), banco de órdenes de trabajo en espera de ejecución (*backlog*) y reportes de predictivo, todo lo cual hace posible el control y la reducción de fallas y anomalías. (Gobitz, 2018. p.36).

La finalidad de realizar las actividades señaladas en el párrafo precedente tiene que ver con dar mayor estabilidad a las plantas, buscando con ello la optimización de costos debido a mantenimiento.

4.2. RESULTADOS

4.2.1. COMPARACIÓN ENTRE CHANCADORA DE RODILLOS Y CÓNICAS

En la actualidad la planta chancadora de la Planta Concentradora de Huaraucaca, localizada en el distrito de Tinyahuarco, provincia de Cerro de Pasco, departamento de Pasco, que pertenece a la Empresa Minera El Brocal; viene operando con una chancadora modelo SANDVIK CR810, la cual es una trituradora híbrida diseñada para trituración primaria, secundaria y terciaria de materiales blandos y de dureza media. Esta máquina combina la

tecnología de trituración de rodillos, la protección de sobrecarga y una estructura compacta para optimizar la productividad. Según la aplicación y el modelo, la chancadora SANDVIK puede lograr capacidades de producción de hasta 12 000 toneladas métricas por hora.

En el cuadro que prosigue se presentan algunas características de las variantes de las máquinas trituradoras modelo SANDVIK CR810.

Cuadro 2. Características de las máquinas trituradoras modelo SANDVIK CR810.

Tipo y tamaño	Dimensiones del rodillo triturador [mm]		Dimensiones globales [mm]			Peso de la máquina [kg]
	Diámetro	Longitud	Altura	Anchura	Profundidad	
CR810/08-10	800	1000	1700	5300	3300	20297
CR810/08-15	800	1500	1700	6200	3850	26927
CR810/08-20	800	2000	1800	6500	4500	36660
CR810/08-25	800	2500	1790	6700	5000	40363
CR810/08-30	800	3000	2020	6700	5500	60000

Fuente: Sandvik Mining and Construction (2015). Curso de operación y mantenimiento chancadora híbrida CR810/8–30.

Por otro lado, las chancadoras cónicas que se plantea como propuesta para sustituir a las chancadoras de rodillos, presentan las siguientes características:

Cuadro 3. Características de las máquinas trituradoras modelo Nordberg® Serie HP™.

	Diámetro de cabeza	Apertura de alimentación	Potencia
HP3™	1 000 mm (39")	220 mm (8 3/4")	250 kW (350 hp)
HP4™	1 120 mm (44")	252 mm (9 7/8")	315 kW (400 hp)
HP5™	1 250 mm (49")	317 mm (12 1/2")	370 kW (500 hp)
HP6™	1 400 mm (55")	331 mm (13")	500 kW (650 hp)
HP100™	735 mm (29")	150 mm (6")	90 kW (125 hp)
HP200™	940 mm (37")	185 mm (7")	132 kW (200 hp)
HP300™	1 120 mm (44")	241 mm (9 1/2")	220 kW (300 hp)
HP400™	1 320 mm (52")	304 mm (12")	315 kW (400 hp)
HP500™	1 520 mm (60")	351 mm (13 3/4")	355 kW (500 hp)

Fuente: Metso Corporation (2018). Chancadores (trituradoras) de cono Nordberg® Serie HP™.

4.2.1.1. TASA DE PRODUCCIÓN

La tonelada métrica húmeda (TMH), referida a concentrados, no excluye el contenido de agua en el concentrado. La Planta Concentradora Pb/Zn de Huaraucaca de la Empresa Minera El Brocal, procesa la totalidad de plomo y zinc producto del desbroce tanto de los flancos: Principal (I, II y III), Chocayoc, Mercedes, La Llave y La Pampa; así como del mineral extraído del yacimiento Marcapunta Norte (Explotación subterránea que desde el año 2010 se viene realizando con el método *sub level stoping*).

Cuadro 4. Indicadores de producción de mineral de la Empresa Minera El Brocal.

Tajo	Unidad	2016	2015	2014
Mercedes Norte				
Mineral	TMS	178,895	331,102	3,000
Ag	Oz/TM	0.39	0.98	0.08
Pb	%	0.38	1.00	0.32
Zn	%	2.74	2.45	1.80
Principal T-III				
Mineral	TMS	183,291	548,106	733,268
Ag	Oz/TM	0.64	1.68	1.54
Pb	%	0.50	1.30	1.22
Zn	%	1.55	3.47	3.28
Principal T-II				
Mineral	TMS			1,551
Ag	Oz/TM			7.11
Pb	%			0.51
Zn	%			0.22
Cu	%			0.08
Principal T-I				
Mineral	TMS		165,789	505,465
Ag	Oz/TM		3.04	2.62
Pb	%		0.24	0.25
Zn	%		0.49	0.46
Cu	%		1.51	1.47
La Pampa				
Mineral	TMS	37,123	8,007	
Ag	Oz/TM	0.25	1.01	
Pb	%	0.57	1.44	
Zn	%	2.49	2.48	
Chocayoc				
Mineral	TMS	1,208,184	1,353,848	122,379
Ag	Oz/TM	1.19	1.54	1.71
Pb	%	0.86	1.30	1.50
Zn	%	2.81	2.92	3.22
La Llave				
Mineral	TMS	1,017,605	169,308	
Ag	Oz/TM	0.87	1.28	
Pb	%	1.03	1.15	
Zn	%	3.54	3.90	
Mineral extraído	TMS	2,625,098	2,576,160	1,365,663

Fuente: Hermoza Maraví, J. A. (Dir.) (2017). El Brocal - Memoria anual 2016.

La tasa de producción en términos de Toneladas Métricas Húmedas para el área de chancado secundario de la Planta Concentradora Pb/Zn de Huaraucaca de la Empresa Minera El Brocal, en términos del tipo de máquina trituradora, es:

- Con la chancadora de Rodillos la tasa de producción, en toneladas métricas húmedas de mineral tratado, varía entre 7000 a 9000 TMH.
- Con la chancadora cónica la tasa de producción, en toneladas métricas húmedas de mineral tratado, varía entre 10000 A 12000 TMH; cuando solo opera una chancadora cónica en el chancado secundario.

4.2.1.2. TASA HORARIA DE PRODUCCIÓN

La tasa horaria de producción en términos de Toneladas Métricas Húmedas por hora en el área de chancado secundario de la Planta Concentradora Pb/Zn de Huaraucaca de la Empresa Minera El Brocal, en términos del tipo de máquina trituradora, es:

- Tasa Horaria de Producción (Toneladas métricas húmedas/hora): Con la chancadora de Rodillos la tasa de producción es de 300 a 400 TMH/hr.
- Tasa Horaria de Producción (Toneladas métricas húmedas/hora): Con la chancadora cónica la tasa de producción es de 450 A 500 TMH/hr. Cada una de las chancadoras.

4.2.1.3. COSTO DE MANTENIMIENTO PROGRAMADA DE LA CHANCADORA

El costo de mantenimiento programado de la chancadora de rodillos asciende a 169,500.00\$. En la chancadora de rodillos se debe realizar el cambio de 36 juegos de piezas (segmentos). La duración del mantenimiento es de 48 horas (corridas) y se realiza cada 20 a 15 días.

Cuadro 5. Detalles de los costos de mantenimiento programada para la chancadora de rodillos.

SUB GRUPO	ITEM_N UMBER	DESCRIPCION_ARTICULO	UD M	PU	CANTIDAD POR EQUIPO	Consto de Mantenimiento USD
CHANCADO PB ZN SECUNDARIO	35.3510.0250	CRUSHING SEGMENTE K50 INKL. SCREW JOINTS Nro. Parte:239953 / CHANCADORA SECUNDARIA HYBRID CR810/08-30 - SANDVIK	Pc	4,500	36	162,000.00
CHANCADO PB ZN SECUNDARIO		HH-MECÁNICO	GLB	7,500	1 GLB	7,500.00
					TOTAL	169,500.00

Fuente: Elaboración propia con datos de reporte de costos de mantenimiento para la chancadora de rodillos del área de chancado secundario de la Planta Concentradora Pb/Zn de Huaraucaca.

El costo de mantenimiento programado de la chancadora de cono, asciende a 43,960.00\$ por mantenimiento programado de cambio de forros (en el cual incluye al igual el cambio de sellos) y 21,540.00\$ por cambio de sellos, esto por cada chancadora o trituradora. Los costos de mantenimiento de la chancadora cónica HP6 se deben a dos actividades de mantenimiento: El cambio de forros más el cambio de sellos se realiza a las 6 semanas; luego de otras 6 semanas se interviene para cambiar solo sellos; luego de 6 semanas se interviene para realizar el cambio de forros y sellos; repitiéndose nuevamente el ciclo.

Cuadro 6. Detalles de los costos de mantenimiento programada para la chancadora de cono HP6.

SUB GRUPO	DESCRIPCION_ARTICULO	UDM	PU	CANTIDAD POR EQUIPO	Consto de Mantenimiento USD
CHANCADO PB ZN SECUNDARIO	MANTLE M/C, N55309508 / CHANCADORA CONICA METSO HP6	Pc	USD 9,000	1	USD 9,000.00
CHANCADO PB ZN SECUNDARIO	BOWL LINER C, N55209502 / CHANCADORA CONICA METSO HP6	Pc	USD 8,500	1	USD 8,500.00
CHANCADO PB ZN SECUNDARIO	TORCH RING, N12080212 / CHANCADORA CONICA METSO HP6	Pc	USD 4,000	1	USD 4,000.00
CHANCADO PB ZN SECUNDARIO	SEALT KIT, N/P N53000140, MARCA: METSO. PARA CHANCADORA, MODELO: HP6	Pc	USD 800	1	USD 800.00
CHANCADO PB ZN SECUNDARIO	SEALT KIT, N/P N53000141, MARCA: METSO. PARA CHANCADORA, MODELO: HP6	Pc	USD 800	1	USD 800.00
CHANCADO PB ZN SECUNDARIO	SEALING DEVICE SET, PART NUMBER: N90288047, SPARE PARTS FOR CONE CRUSHERS METSO HP6.	Pc	USD 2,000	1	USD 2,000.00
CHANCADO PB ZN SECUNDARIO	SEALING SET, N98000467 / CHANCADORA CONICA METSO HP6	Pc	USD 2,000	1	USD 2,000.00
CHANCADO PB ZN SECUNDARIO	SEAL, PART NUMBER: N53128502, SPARE PARTS FOR CONE CRUSHERS METSO HP6	Pc	USD 550	1	USD 550.00
CHANCADO PB ZN SECUNDARIO	GLUE, N/P MM0379675. PARA CHANCADORA METSO HP6	Pc	USD 90	1	USD 90.00
CHANCADO PB ZN SECUNDARIO	U-SEAL, N53129005 / CHANCADORA CONICA METSO HP6	Pc	USD 500	1	USD 500.00
CHANCADO PB ZN SECUNDARIO	GLUE, PART NUMBER: N98000029, SPARE PARTS FOR CONE CRUSHERS METSO HP6.	Pc	USD 120	1	USD 120.00
TOTAL COMPONENTES					USD 28,360.00
CHANCADO PB ZN SECUNDARIO	HH-MECANICO				USD 12,400.00
CHANCADO PB ZN SECUNDARIO	GRÚA TELESCOPICA (40 HR)				USD 3,200.00
TOTAL					USD 43,960.00

SUB GRUPO	DESCRIPCION_ARTICULO	UDM	PU	CANTIDAD POR EQUIPO	Consto de Mantenimiento USD
CHANCADO PB ZN SECUNDARIO	SEALT KIT, N/P N53000140, MARCA: METSO. PARA CHANCADORA, MODELO: HP6	Pc	USD 800	1	USD 800.00
CHANCADO PB ZN SECUNDARIO	SEALT KIT, N/P N53000141, MARCA: METSO. PARA CHANCADORA, MODELO: HP6	Pc	USD 800	1	USD 800.00
CHANCADO PB ZN SECUNDARIO	SEALING DEVICE SET, PART NUMBER: N90288047, SPARE PARTS FOR CONE CRUSHERS METSO HP6.	Pc	USD 2,000	1	USD 2,000.00
CHANCADO PB ZN SECUNDARIO	SEALING SET, N98000467 / CHANCADORA CONICA METSO HP6	Pc	USD 2,000	1	USD 2,000.00
CHANCADO PB ZN SECUNDARIO	SEAL, PART NUMBER: N53128502, SPARE PARTS FOR CONE CRUSHERS METSO HP6	Pc	USD 550	1	USD 550.00
CHANCADO PB ZN SECUNDARIO	GLUE, N/P MM0379675. PARA CHANCADORA METSO HP6	Pc	USD 90	1	USD 90.00
CHANCADO PB ZN SECUNDARIO	U-SEAL, N53129005 / CHANCADORA CONICA METSO HP6	Pc	USD 500	1	USD 500.00
CHANCADO PB ZN SECUNDARIO	GLUE, PART NUMBER: N98000029, SPARE PARTS FOR CONE CRUSHERS METSO HP6.	Pc	USD 120	1	USD 120.00
					TOTAL COMPONENTES USD 6,860.00
CHANCADO PB ZN SECUNDARIO	HH-MECANICO				USD 12,400.00
CHANCADO PB ZN SECUNDARIO	GRÚA TELESCOPICA (36 HR)				USD 2,280.00
					TOTAL USD 21,540.00

Fuente: Elaboración propia con datos de reporte de costos de mantenimiento para la chancadora de cono HP6 del área de chancado secundario de la Planta Concentradora Pb/Zn de Huaraucaca.

4.2.2. CONFIABILIDAD DE LAS CHANCADORAS

Para efectos de análisis de datos, se tomó arbitrariamente como referencia, el reporte de las paradas ocurridas en los 10 primeros días del mes de noviembre del año 2015 de las chancadoras en el área de Chancado Secundario de la Planta Concentradora de Plomo-Zinc y Cobre de la Empresa El Brocal.

Al finalizar el reporte de cada uno de los días referenciales, se calculó las horas totales de parada y luego, la representatividad que tiene este total de horas paradas con respecto a las 24 horas del día.

$$\text{Horas Totales de Parada} = \sum \text{Duracion de Paradas}$$

$$\text{Representatividad} = \frac{\text{Horas Totales de Parada}}{\text{Horas Totales del día}}$$

Teniendo en cuenta las formulas acabadas de presentar se adaptó la información correspondiente a los reportes de paradas en el mes de noviembre de 2015, en los términos que se detallan en los cuadros que prosiguen.

Cuadro 7. Detalles de las paradas de chancadora de rodillo en el Día Referencial 1.

Fecha y Hora	Duración	Motivo de la Parada
01/11/2015 7:00	8.00	Cambio de segmentos en Ch. sec. 50% Cambio de picas en Ch. Prim. 50 % Cambio de grapas en faja N° 2 A. 10%, Cambio de faja N° 01 Ch. Prim. 60%, Limpieza Overland N° 03 cabeza parte base 15%.
01/11/2015 15:00	8.00	Cambio segmentos Ch secundaria 95%, Cambio picas en Ch Primaria 100 %, Cambio lona faja N° 01 Ch Secundario 90%, Cambio grapas faja N° 2 A y N° 3, Cambio placas de desgaste chutes CT1, CT2 y CT3.
01/11/2015 19:30	0.13	Retiro de cobertor en la faja N° 03 Overland (rose con faja).
01/11/2015 19:52	0.25	Falla de compresora SULLAIR (caída de presión y apagado intempestivo).
01/11/2015 17:50	2.83	Cambio de segmentos en Ch. sec. 100% Cambio de picas en Ch. Prim. 100%, Cambio de faja N° 01 Ch. Prim. 100%. Colocado de planchas anti desgaste en chutes CT1-CT2-CT3.
01/11/2015 18:35	0.25	Atoro con madera en chute de alimentación al tambor lavador.
Total	19.46	
Representatividad	0.81	

Fuente: Elaboración propia con datos de reporte de paradas diarias de chancadora de rodillos.

Cuadro 8. Detalles de las paradas de chancadora de rodillo en el Día Referencial 2.

Fecha y Hora	Duración	Motivo de la Parada
02/11/2015 7:00	1.50	Falta área de almacenamiento en stock pile vacío (faja N° 12).
02/11/2015 1:45	1.17	Parada de planta a solicitud del Ing. Dennys Acurio (problemas de planta II)
02/11/2015 2:30	0.17	Falla de compresora SULLAIR (Caída de presión y parada intempestiva).
02/11/2015 16:30	1.17	Parada intempestiva de la faja N° 12, por falla eléctrica en el sistema de arranque
02/11/2015 19:20	0.17	Parada por amperaje alto del motor N° 1, de la faja overland 3
02/11/2015 22:10	0.33	Parada por temperatura alta del moto reductor de la chancadora secundaria
02/11/2015 20:20	0.42	Ajuste de las planchas anti desgaste del chute de la faja overland 2B
02/11/2015 10:10	3.17	Falta espacio de almacenamiento en stock pile vacío (faja N° 12).
02/11/2015 14:55	0.67	Parada intempestiva por temperatura alta del moto reductor ch. Secundaria, Ajuste de picas Ch. Primaria.
02/11/2015 14:05	1.33	Parada intempestiva faja transportadora N°12, por falla eléctrica en el sistema de arranque
Total	10.10	
Representatividad	0.42	

Fuente: Elaboración propia con datos de reporte de paradas diarias de chancadora de rodillos.

Cuadro 9. Detalles de las paradas de chancadora de rodillo en el Día Referencial 3.

Fecha y Hora	Duración	Motivo de la Parada
03/11/2015 7:00	0.75	Falta capacidad de almacenamiento en el vacío de la faja 12
03/11/2015 2:00	2.00	Falta capacidad de almacenamiento en el vacío de la faja 12
03/11/2015 2:30	0.50	Falla eléctrica en el arranque de la faja 12
03/11/2015 10:50	3.83	Falta área de almacenamiento en stock pile vacío (faja N° 12).
03/11/2015 12:07	0.12	Caída de presión de la compresora SULLAIR.
03/11/2015 13:36	0.10	Retiro de bastidor caído entre la remota 17-18, faja N° 03 Overland.
03/11/2015 23:00	1.50	Falta de espacio de almacenamiento del mineral en el vacío de la faja 12
Total	8.80	
Representatividad	0.37	

Fuente: Elaboración propia con datos de reporte de paradas diarias de chancadora de rodillos.

Cuadro 10. Detalles de las paradas de chancadora de rodillo en el Día Referencial 4.

Fecha y Hora	Duración	Motivo de la Parada
04/11/2015 7:00	1.50	Reposición de 6 bastidores caídos de la faja overland 3
04/11/2015 0:40	0.67	Falla de arranque de las zarandas banana N° 1, 2, y 5
04/11/2015 0:00	1.00	Falta de espacio de almacenamiento en el pequeño staker debajo de la faja 12
04/11/2015 3:00	0.33	Desalineamiento de la faja 1. Chan. Secundario- Activándose el sensor de desvío
04/11/2015 15:00	8.00	Ajuste de picas Ch. Prim, Colocado de bastidores alineamiento y cambio de grapas en faja N° 03 Overland, Colocado de panel ciego en Banana N° 01 en primer deck, soldé de chute alim. tambor lavador
04/11/2015 21:10	0.25	Cambio de polín de retorno de la faja overland 3
04/11/2015 17:30	2.50	Falla de arranque de la faja 11 inconveniente con el variador
04/11/2015 17:40	0.17	Falla de arranque con el motor N° 2 de la faja overland 2B
04/11/2015 23:00	1.83	Falla del sistema del variador del motor N° 2 de la faja overland 2B
Total	16.25	
Representatividad	0.68	

Fuente: Elaboración propia con datos de reporte de paradas diarias de chancadora de rodillos.

Cuadro 11. Detalles de las paradas de chancadora de rodillo en el Día Referencial 5.

Fecha y Hora	Duración	Motivo de la Parada
05/11/2015 4:50	3.58	Colocación de grampas en la faja overland 3, rotura de 1 1/2" x 12 m.
05/11/2015 0:40	0.42	Colocación de brida en la tubería de descarga de la Bomba 1B
05/11/2015 0:00	1.00	Falla de arranque con el sistema del variador del Motor N° 2 de la faja overland 2B
05/11/2015 11:10	0.13	Parada intempestiva de la compresora SULLAIR
05/11/2015 9:50	1.58	Corte de faja Overland N° 02A, L/D de 2.5"x43"
05/11/2015 10:46	0.22	Biselado de cable de acero de la faja N° 03 Overland.
05/11/2015 12:28	0.25	Temperatura alta en el rodillo móvil Ch. Sec - T° 80
05/11/2015 22:20	0.42	Limpieza del chute del tripper de la faja 2 - chancado primario
05/11/2015 17:00	0.17	Parada por temperatura alta del motor N° 1 de la faja overland 3, devanado 2: 103°C
05/11/2015 17:15	0.17	Parada por temperatura alta del moto reductor del rodillo móvil de la chancadora secundaria
05/11/2015 19:25	0.25	Parada por temperatura alta del moto reductor del rodillo móvil de la chancadora secundaria
05/11/2015 19:50	0.33	Caída de plancha de la placa deflectora del chute de la faja 7
Total	8.52	
Representatividad	0.36	

Fuente: Elaboración propia con datos de reporte de paradas diarias de chancadora de rodillos.

Cuadro 12. Detalles de las paradas de chancadora de rodillo en el Día Referencial 6.

Fecha y Hora	Duración	Motivo de la Parada
06/11/2015 4:30	0.17	Activación del sensor de nivel de carga del chute de descarga de la faja overland 2B
06/11/2015 2:50	0.25	Limpieza del chute del tripper de la faja 2 - chancado primario
06/11/2015 6:45	0.58	Parada por incrustamiento de madera en el chute de descarga de la faja 7
06/11/2015 1:40	0.42	Parada por incrustamiento de madera en el chute de alimentación de carga al tambor lavador
06/11/2015 15:00	0.67	Descarga de circuito Planta Chancado Lavado
06/11/2015 8:10	0.32	Colocado de panel en Banana N° 05
06/11/2015 9:23	0.47	Falla de sensor de corte Faja N° 2B Overland, Cabeza
06/11/2015 9:53	0.23	Ladeo de faja N° 01 Ch. Sec.
06/11/2015 10:11	0.18	Falla de sensor de corte Faja N° 2B Overland, Cabeza
06/11/2015 11:33	0.10	Falla de sensor de flujo de aceite en el rodillo Fijo, Ch. Ter
06/11/2015 11:49	0.07	Falla de sensor de flujo de aceite en el rodillo Fijo, Ch. Ter
06/11/2015 12:05	0.23	Falla de sensor de flujo de aceite en el rodillo Fijo, Ch. Ter
06/11/2015 17:30	2.50	Cambio de grapas faja overland N°2A, Cambio de planchas en placa deflectora chute descarga faja overland N°2B, faja N°7.
06/11/2015 20:45	3.25	Cambio de raspador polea cabeza faja N°1 Ch. Secundario, cambio de cama impacto Zaranda Banana N°1, retiro de chaqueta chute alimentación faja N°4 terciario.

06/11/2015 21:45	0.25	Retiro de banco incrustado polea cabeza faja overland N°2A.
06/11/2015 22:35	0.33	Limpieza del chute del tripper de la faja N°2 Chancado Primario
06/11/2015 23:50	0.50	Volteo de raspador polea de cabeza faja OVELAND N°2A
Total	10.52	
Representatividad	0.44	

Fuente: Elaboración propia con datos de reporte de paradas diarias de chancadora de rodillos.

Cuadro 13. Detalles de las paradas de chancadora de rodillo en el Día Referencial 7.

Fecha y Hora	Duración	Motivo de la Parada
07/11/2015 1:45	0.08	Parada intempestiva faja Overl N° 2B por falla sistema de arranque motor N° 2
07/11/2015 6:40	1.83	Parada intempestiva faja Overl N° 2B por falla sistema de arranque motor N° 2
07/11/2015 1:30	1.00	Limpieza de chute triper faja N° 2 primario
07/11/2015 12:55	0.75	Parada por desvío de banda en faja N° 12
07/11/2015 15:00	2.08	Parada por problemas de variador en faja N° 02B Overland (Motor 02BM2)
07/11/2015 8:36	0.65	Limpieza de la polea de inflexión faja N° 03 Overland Cabeza.
07/11/2015 9:43	0.62	Limpieza de la polea de inflexión faja N° 03 Overland Cabeza.
07/11/2015 15:30	0.50	Parada por problemas de variador en faja N° 2B Overland (Motor 02BM2)
07/11/2015 17:09	0.17	Parada por amperaje alto motor N°1 faja overland N°3
07/11/2015 17:23	0.18	Parada por amperaje alto motor N°1 faja overland N°3
07/11/2015 18:07	0.23	Parada por amperaje alto motor N°1 faja overland N°3
07/11/2015 20:30	0.30	Parada por amperaje alto motor N°1 faja overland N°3
07/11/2015 21:37	0.17	Parada por amperaje alto motor N°1 faja overland N°3
07/11/2015 22:10	0.33	Activación Desvío Banda 11 y 12 faja overland N°3
07/11/2015 23:25	0.25	Limpieza polea de inflexión faja oveland N° 3 lado cabeza
Total	9.14	
Representatividad	0.38	

Fuente: Elaboración propia con datos de reporte de paradas diarias de chancadora de rodillos.

Cuadro 14. Detalles de las paradas de chancadora de rodillo en el Día Referencial 8.

Fecha y Hora	Duración	Motivo de la Parada
08/11/2015 0:18	0.17	Falla de compresora sullair
08/11/2015 4:20	0.33	Colocación de faldón chute triper faja N°2 Chancado Primario
08/11/2015 6:45	0.25	Colocación de faldón chute triper faja N°2 Chancado Primario
08/11/2015 8:10	0.17	Retiro de inchancable en el electroimán de faja N° 01 Ch. Prim.
08/11/2015 8:37	0.12	Limpieza de Chute de tripper Faja N° 02, Ch. Prim.
08/11/2015 15:00	5.75	Corte de la faja N° 03 Overland 1.5"x 9.5 metros
08/11/2015 17:32	1.20	Parada de planta lavado por solicitud del Ing. Denis Acurio por desacoplamiento de tubería espesador N°1 planta N°2.
08/11/2015 19:45	1.87	Parada de planta lavado por solicitud del Ing. Denis Acurio por desacoplamiento de tubería espesador N°1 planta N°2.
Total	9.86	
Representatividad	0.41	

Fuente: Elaboración propia con datos de reporte de paradas diarias de chancadora de rodillos.

Cuadro 15. Detalles de las paradas de chancadora de rodillo en el Día Referencial 9.

Fecha y Hora	Duración	Motivo de la Parada
09/11/2015 7:00	3.58	Parada de Chancado Lavado Pb-Zn, por hueco en todo la parte central de la polea inflectora faja overland N° 3
09/11/2015 2:05	0.33	Colocación de faldón chute triper faja N° 2 chancado primario
09/11/2015 0:25	0.75	Limpieza polea cabestrante faja oveland N° 3.
09/11/2015 3:00	0.33	Limpieza de chute descarga faja N° 1 chancado primario
09/11/2015 20:50	1.00	Activación Desvio Banda por desalineamiento faja N°2 Chancado Primario.
09/11/2015 17:50	0.25	Fallas de compresora sullair.
09/11/2015 18:30	0.25	Parada por caída de bastidor cerca a la remota N°16 faja overland N°2B.
09/11/2015 22:35	0.42	Limpieza chute triper faja N° 2 chancado primario.
09/11/2015 16:00	0.33	Limpieza chute triper faja N° 2 chancado primario.
09/11/2015 19:25	0.42	Relevo de Operadores Equipos pesados Ecosem Smelter
09/11/2015 14:05	7.08	Cambio de la polea inflectora de la faja overland 3
09/11/2015 23:50	0.25	Corte de cable acerado expuesta zona central faja overland N° 3
Total	14.99	
Representatividad	0.62	

Fuente: Elaboración propia con datos de reporte de paradas diarias de chancadora de rodillos.

Cuadro 16. Detalles de las paradas de chancadora de rodillo en el Día Referencial 10.

Fecha y Hora	Duración	Motivo de la Parada
10/11/2015 5:25	0.33	Retiro de banco incrustado en faja overland N° 2A lado cola
10/11/2015 4:15	0.17	Atoro de chute alimentación al tambor lavador
10/11/2015 6:55	0.17	Limpieza chute descarga faja overland N° 2B
10/11/2015 2:00	0.33	Volteo de raspador zona de desvío al vacío en faja transportadora N° 12
10/11/2015 1:30	0.25	Limpieza chute triper faja N° 2 chancado primario
10/11/2015 3:05	0.75	Falla eléctrica en tablero de arranque faja N° 11
10/11/2015 15:00	4.50	Colocación de grampas en la faja overland 3, reforzamiento de las picas de la chancadora secundaria
10/11/2015 8:15	1.25	Atoramiento con material húmedo el chute de descarga de la faja overland 2B hacia la faja overland 3
10/11/2015 10:30	0.67	Atoramiento con mineral húmedo el chute de la faja overland 3, y corte en la faja overland 3 aprox. 18 metros
10/11/2015 15:45	0.75	Colocación de grampas en la faja overland N°3.
10/11/2015 18:10	0.67	Atoramiento con mineral húmedo chute descarga faja overland N°2B.
10/11/2015 19:00	0.17	Atoramiento con mineral húmedo chute alimentación al tambor lavador.
10/11/2015 19:45	0.75	Atoramiento con mineral húmedo chute alimentación al tambor lavador.
10/11/2015 22:45	1.75	Atoramiento con mineral húmedo chute triper faja N°2 Chancado Primario.
Total	12.51	
Representatividad	0.52	

Fuente: Elaboración propia con datos de reporte de paradas diarias de chancadora de rodillos.

4.2.2.1. INDICADORES DE TIEMPO MEDIO ENTRE FALLOS

Para determinar el tiempo medio entre fallas para la chancadora de rodillos, se tuvo en cuenta los datos de los reportes de paradas para cada uno de los días de evaluación.

El tiempo medio entre fallas se calcula como la diferencia entre dos paradas consecutivas, en ese sentido previamente al cálculo de dichos tiempos, se ordenó en forma cronológica las paradas registradas en cada uno de los días referenciales de evaluación.

La fórmula utilizada para calcular el tiempo medio entre fallas para un determinado día referencial fue la siguiente:

$$\text{Tiempo Medio entre Fallas} = \text{Hora_Parada}_n - \text{Hora_Parada}_{n-1}$$

Donde:

Hora_Parada_n : Es la parada enésima durante el día.

Hora_Parada_{n-1}: Es la parada anterior a la parada enésima del día.

Es de destacar que para el caso del primer tiempo entre fallas, se considera como inicio del rango de tiempo a medir la última parada del día anterior. Por ejemplo: para medir el primer tiempo entre fallas del 1ro de noviembre, se tuvo en cuenta la última parada del día anterior (31/10/2015 23:00).

Asimismo, es de recalcar que el tiempo que se encuentra expresado en minutos se convierte a fracción de hora para su registro en tabla.

En el cuadro que prosigue se presenta el número de paradas registradas en cada uno de los días referenciales de evaluación.

Cuadro 17. Detalles de las paradas de chancadora de rodillo en el Día Referencial 10.

Día Referencial	Nº de Paradas	Tiempo Total de Parada (Horas)	Representatividad (%)
Día 1	6	19.46	0.81
Día 2	10	10.10	0.42
Día 3	7	8.80	0.37
Día 4	9	16.25	0.68
Día 5	12	8.52	0.36
Día 6	17	10.52	0.44
Día 7	15	9.14	0.38
Día 8	8	9.86	0.41
Día 9	12	14.99	0.62
Día 10	14	12.51	0.52

Fuente: Elaboración propia con datos de Cuadros 6-15.

Finalmente, teniendo en cuenta la fórmula para el cálculo del tiempo medio entre fallas, las consideraciones para el cálculo del primer tiempo medio entre fallas en un determinado día referencial, y, las conversiones de los tiempos que se encuentran expresados en minutos a fracción de hora; se elaboró el cuadro que prosigue, donde se presenta los resultados obtenidos para el tiempo medio entre fallos en los días referenciales de evaluación.

Cuadro 18. Tiempo medio entre fallos en los días referenciales.

Día Referencial	Tiempo Transcurrido entre Paradas (Horas)																
	00-01	01-02	02-03	03-04	04-05	05-06	06-07	07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17
Día 1	8	8	2.83	0.75	0.92	0.37											
Día 2	5.88	0.75	4.5	3.17	1.92	0.83	1.58	3.83	1	1.83							
Día 3	3.83	0.5	4.5	3.83	1.28	1.48	9.4										
Día 4	1	0.67	2.33	4	8	2.5	0.17	3.5	1.83								
Día 5	1	0.67	4.17	5	0.93	0.4	1.3	4.53	0,25	2.17	0.42	2.5					
Día 6	5.83	1.17	1.67	2.25	1.42	1.22	0.5	0.30	1.37	0.27	0.27	2.92	2.5	3.25	1	0.83	1.25
Día 7	1.67	0.25	4.92	1.93	3.20	2.08	0.5	0.23	0.73	2.38	1.12	0.55	1.25	1.67	0.25		
Día 8	0.88	4.03	2.42	1.42	0.45	6.38	2.53	2.22									
Día 9	4.67	1.67	0.92	4	7.08	1.92	1.83	0.67	0.92	1.42	1.75	1.25					
Día 10	1.67	0.5	1.08	1.17	1.17	1.50	1.33	2.25	4.50	0.25	2.42	0.83	0.75	3			

Fuente: Elaboración propia con datos de Cuadros 6-15.

4.2.2.2. INDICADORES DE TIEMPO MEDIO DE REPARACIÓN

Para determinar el tiempo medio de reparación para la chancadora de rodillos, se tuvo en cuenta los datos de los reportes de duración de las paradas para cada uno de los días de evaluación.

El tiempo medio de reparación para cada uno de los días referenciales se calculó como la relación (cociente) entre el Tiempo Total de Parada (Horas) y el número de Paradas en cada uno de los días referenciales de evaluación.

La fórmula utilizada para calcular el tiempo medio de reparación para un determinado día referencial fue la siguiente:

$$\text{Tiempo Medio de Reparación} = \frac{\text{Tiempo Total de Parada (Horas)}}{\text{Nº de Paradas}}$$

En el cuadro que prosigue se presentan los resultados obtenidos para el tiempo medio de reparación de la chancadora de rodillos para los días referenciales de evaluación.

Cuadro 19. Detalles de las paradas de chancadora de rodillo en el Día Referencial 10.

Día Referencial	Nº de Paradas	Tiempo Total de Parada (Horas)	Tiempo Medio de Reparación (Horas)
Día 1	6	19.46	3.24
Día 2	10	10.10	1.01
Día 3	7	8.80	1.26
Día 4	9	16.25	1.81
Día 5	12	8.52	0.71
Día 6	17	10.52	0.62
Día 7	15	9.14	0.61
Día 8	8	9.86	1.23
Día 9	12	14.99	1.25
Día 10	14	12.51	0.89

Fuente: Elaboración propia con datos de Cuadro 16.

4.2.2.3. INDICADORES DE DISPONIBILIDAD

La disponibilidad de la chancadora tuvo que ver con el número de horas totales de producción y el número de horas de indisponibilidad total para producir, que pueden ser debidas a diferentes tipos de actuaciones de mantenimiento y representan las paradas.

La fórmula utilizada para calcular el tiempo de producción para un determinado día referencial fue la siguiente:

$$\text{Tiempo de Producción} = 24 - \text{Tiempo de Indisponibilidad}$$

En el cuadro que prosigue se presentan los resultados obtenidos para el tiempo de producción de la chancadora de rodillos para los días referenciales de evaluación.

Cuadro 20. Detalles de la disponibilidad de la chancadora de rodillo.

Día Referencial	Nº de Paradas	Tiempo de Producción (Horas)	Tiempo de Indisponibilidad (Horas)
Día 1	6	4.54	19.46
Día 2	10	13.9	10.10
Día 3	7	15.2	8.80
Día 4	9	7.75	16.25
Día 5	12	15.48	8.52
Día 6	17	13.48	10.52
Día 7	15	14.86	9.14
Día 8	8	14.14	9.86
Día 9	12	9.01	14.99
Día 10	14	11.49	12.51

Fuente: Elaboración propia con datos de Cuadro 18.

4.3. DISCUSIÓN

4.3.1. LOGRO DE OBJETIVOS DE LA PROPUESTA

Para efectos de dar cuenta de los logros de los objetivos de la propuesta, se tomaron en cuenta los resultados referidos obtenidos para el funcionamiento de las chancadoras, disponibilidad de las chancadoras, la influencia de la sustitución de una chancadora de rodillos por dos chancadoras cónicas y los costos de mantenimiento mecánico de las chancadoras.

En este punto es pertinente volver a resaltar que lo real y concreto es que la chancadora de rodillos es la que actualmente viene operando en el área de chancado secundario de la empresa Sociedad Minera El Brocal S.A.A., y que la propuesta de las chancadoras cónicas es solo eso, propuesta. Luego, el funcionamiento de las chancadoras cónicas y la disponibilidad de las mismas, se sustentaron como consecuencia de mejorar las prestaciones ofrecidas por la chancadora de rodillo.

4.3.1.1. TIEMPO MEDIO ENTRE FALLOS (MTBF)

El Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF por sus siglas en inglés) para la máquina trituradora de rodillos se calculó haciendo uso de la siguiente fórmula:

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Tiempo Total de Funcionamiento de la Planta}}{\text{Número de Fallas}}$$

Teniendo en cuenta los datos consignados en el Cuadro 19, se calculó el Tiempo Medio entre Fallas (MTBF) para la máquina trituradora de rodillos. Los resultados de dicho cálculo se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 21. Tiempo Medio entre Fallos (MTBF) en los días de evaluación.

Día Referencial	Nº de Fallas	Tiempo Total de Funcionamiento de la Planta (Horas)	MTBF (Horas)
Día 1	6	4.54	0.76
Día 2	10	13.9	1.39
Día 3	7	15.2	2.17
Día 4	9	7.75	0.86
Día 5	12	15.48	1.29
Día 6	17	13.48	0.79
Día 7	15	14.86	0.99
Día 8	8	14.14	1.77
Día 9	12	9.01	0.75
Día 10	14	11.49	0.82

Fuente: Elaboración propia con datos de Cuadro 19.

El Tiempo Medio entre Fallas (MTBF) para la chancadora de rodillos, en los días de evaluación osciló entre el siguiente rango:

- Máximo MTBF: 2.17 horas.
- Mínimo MTBF: 0.75 horas.

Del cuadro anterior se desprende que no necesariamente a mayor número de fallas el MTBF es mayor.

En la figura que prosigue se esquematiza el comportamiento del MTBF en el periodo de evaluación. En dicha figura, la frontera MTBF representa el valor límite que debe garantizar la propuesta de sustituir la chancadora de rodillos por dos chancadoras cónicas, es decir, las

chancadoras propuestas deben garantizar un Tiempo Medio entre Fallas (MTBF), superior a 2.17 horas.

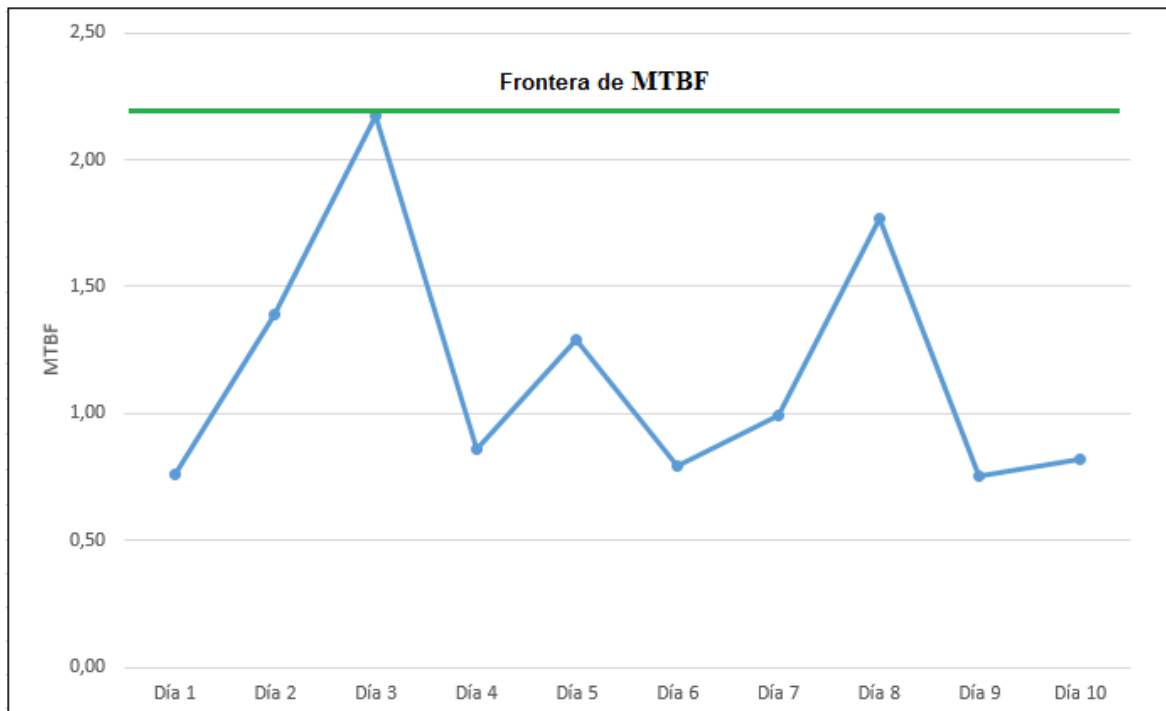


Figura 12. Variación del Tiempo Medio entre Fallos (MTBF) en los días de evaluación.

Fuente: Elaboración propia.

4.3.1.2. TIEMPO MEDIO DE REPARACIÓN (MTTR)

El Tiempo Medio para Reparar (MTTR por sus siglas en inglés), se calculó haciendo uso de la siguiente fórmula:

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo Total de Inactividad de la Planta}}{\text{Número de Fallas}}$$

Teniendo en cuenta los datos consignados en el Cuadro 19, se calculó el Tiempo Medio para Reparar (MTTR) para la máquina trituradora de rodillos. Los resultados de dicho cálculo se presentan en el Cuadro 21.

Por otro lado, en la Figura 13 se esquematiza el comportamiento del MTTR en el periodo de evaluación. En dicha figura, la frontera MTTR representa el valor límite que debe garantizar la propuesta de sustituir la chancadora de rodillos por dos chancadoras cónicas, es decir, las chancadoras propuestas deben garantizar un Tiempo Medio para Reparar (MTTR), inferior a 0.61 horas.

Cuadro 22. Tiempo Medio de Reparación (MTTR) en los días de evaluación.

Día Referencial	Nº de Fallas	Tiempo Total de Inactividad de la Planta (Horas)	MTTR (Horas)
Día 1	6	19,46	3,24
Día 2	10	10,10	1,01
Día 3	7	8,80	1,26
Día 4	9	16,25	1,81
Día 5	12	8,52	0,71
Día 6	17	10,52	0,62
Día 7	15	9,14	0,61
Día 8	8	9,86	1,23
Día 9	12	14,99	1,25
Día 10	14	12,51	0,89

Fuente: Elaboración propia con datos de Cuadro 19.

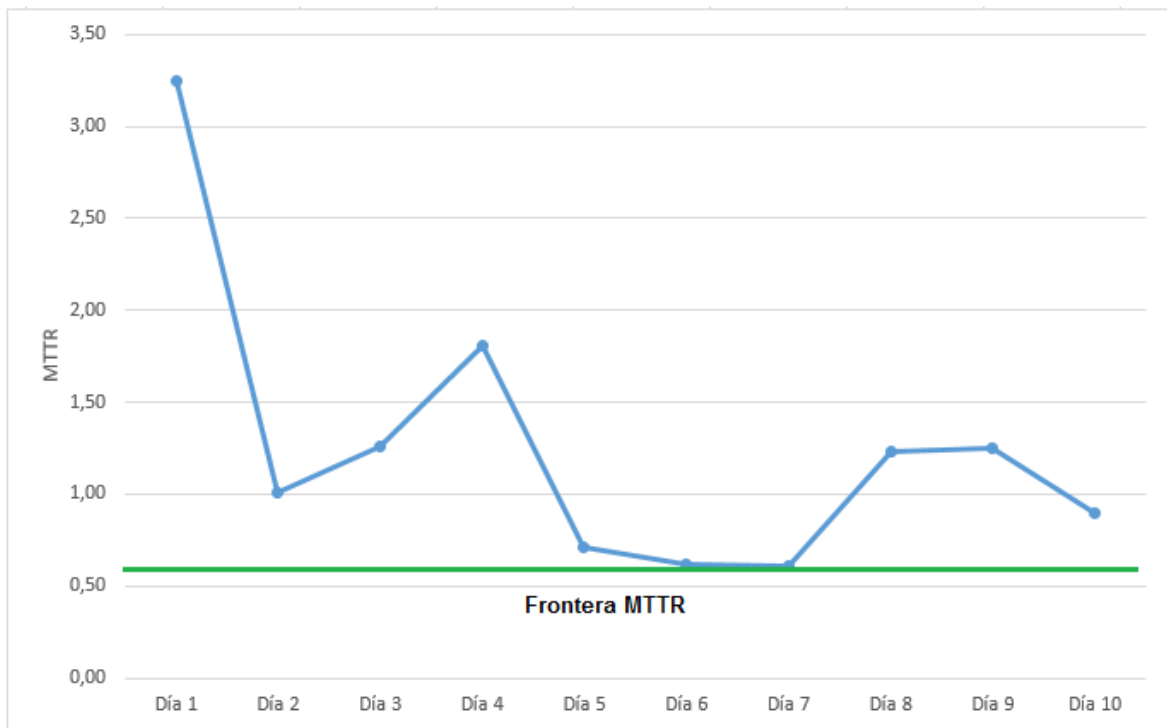


Figura 13. Variación del Tiempo Medio de Reparación (MTTR) en los días de evaluación.

Fuente: Elaboración propia.

4.3.1.3. DISPONIBILIDAD

Para la disponibilidad consideramos como horas totales las totales del día (24 horas), y se calculó haciendo uso de la siguiente fórmula:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas Totales} - \text{Horas Parada por Mantenimiento}}{\text{Horas Totales}}$$

Los valores obtenidos para la disponibilidad se presentan en el Cuadro 22. Por otro lado, en la Figura 14 se esquematiza el comportamiento de la disponibilidad en el periodo de evaluación. En dicha figura, la frontera de disponibilidad representa el valor límite que debe garantizar la propuesta de sustituir la chancadora de rodillos por dos chancadoras cónicas, es decir, la disponibilidad de las chancadoras propuestas deben garantizar más de 64.5%

Cuadro 23. Disponibilidad de la chancadora de rodillo.

Día Referencial	Horas Totales	Horas Parada por Mantenimiento (Horas)	Disponibilidad
Día 1	24	19.46	18.9 %
Día 2	24	10.10	57.9%
Día 3	24	8.80	63.3 %
Día 4	24	16.25	32.2%
Día 5	24	8.52	64.5%
Día 6	24	10.52	56.16%
Día 7	24	9.14	61.9%
Día 8	24	9.86	58.9%
Día 9	24	14.99	37.54%
Día 10	24	12.51	47.88%

Fuente: Elaboración propia con datos de Cuadro 19.

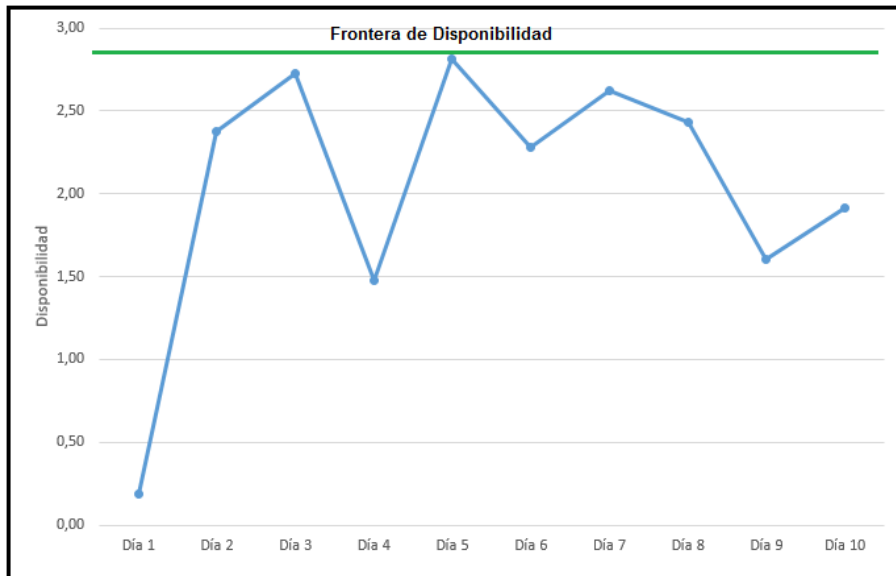


Figura 14. Variación de la disponibilidad en los días de evaluación.

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 243. Resultado de indicadores

	CHANCADORA SECUNDARIA HYBRID CR810/08-30 - SANDVIK	CHANCADORA SECUNDARIA CÓNICA HP6 METSO
TIEMPO MEDIO ENTRE FALLOS (MTBF)	2.17 hr	42.5 hr
TIEMPO MEDIO DE REPARACIÓN (MTTR)	0.61 hr	0.354 hr
DISPONIBILIDAD	64.50%	74%
CONFIABILIDAD A LAS 360 HR	54.80%	90.35%

Fuente: Elaboración propia.

4.3.1.4. EVALUACIÓN ECONÓMICA

SIMBOLO DE MONEDA EN USD DOLARES AMERICANOS : USD

Cuadro 24: Valor Actual Neto (VAN) Y Tasa Interna De Retorno (TIR) De Chancadora De Rodillos

	0	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11	MES 12
VENTAS	0.00	4,992,000.00	4,992,000.00	4,992,000.00	4,992,000.00	4,992,000.00	4,992,000.00	4,992,000.00	4,992,000.00	4,992,000.00	4,992,000.00	4,992,000.00	4,992,000.00
INVERSIÓN	1,000,000.00												
	500,000.00												
COSTO POR CONSUMO DE ENERGÍA		8,500.00	8,500.00	8,500.00	8,500.00	8,500.00	8,500.00	8,500.00	8,500.00	8,500.00	8,500.00	8,500.00	8,500.00
COSTO POR MANTENIMIENTO		346,000.00	346,000.00	346,000.00	346,000.00	346,000.00	346,000.00	346,000.00	346,000.00	346,000.00	346,000.00	346,000.00	346,000.00
COSTO VARIOS		3,500.00	3,500.00	3,500.00	3,500.00	3,500.00	3,500.00	3,500.00	3,500.00	3,500.00	3,500.00	3,500.00	3,500.00
FFN	- 1,500,000.00	4,634,000.00	4,634,000.00	4,634,000.00	4,634,000.00	4,634,000.00	4,634,000.00	4,634,000.00	4,634,000.00	4,634,000.00	4,634,000.00	4,634,000.00	4,634,000.00

VAN:	30,074,647.91
TIR:	309%

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 25: Valor Actual Neto (VAN) Y Tasa Interna De Retorno (TIR) De Chancadora Hp6

	0	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11	MES 12
VENTAS		5,880,325.00	5,880,325.00	5,880,325.00	5,880,325.00	5,880,325.00	5,880,325.00	5,880,325.00	5,880,325.00	5,880,325.00	5,880,325.00	5,880,325.00	5,880,325.00
INVERSIÓN	600,000.00												
	600,000.00												
	150,000.00												
COSTO POR CONSUMO DE ENERGÍA - CHAN HP6 N°3 Y N°4		10,000.00	10,000.00	10,000.00	10,000.00	10,000.00	10,000.00	10,000.00	10,000.00	10,000.00	10,000.00	10,000.00	10,000.00
COSTO POR MANTENIMIENTO CHAN HP6 N°3		65,500.00		65,500.00		65,500.00		65,500.00		65,500.00		65,500.00	
COSTO POR MANTENIMIENTO CHAN HP6 N°4			65,500.00		65,500.00		65,500.00		65,500.00		65,500.00		65,500.00
COSTO VARIOS CHAN HP6 N°3 Y N°4		2,500.00	2,500.00	2,500.00	2,500.00	2,500.00	2,500.00	2,500.00	2,500.00	2,500.00	2,500.00	2,500.00	2,500.00
FFN	-1,350,000.00	5,802,325.00	5,802,325.00	5,802,325.00	5,802,325.00	5,802,325.00	5,802,325.00	5,802,325.00	5,802,325.00	5,802,325.00	5,802,325.00	5,802,325.00	5,802,325.00

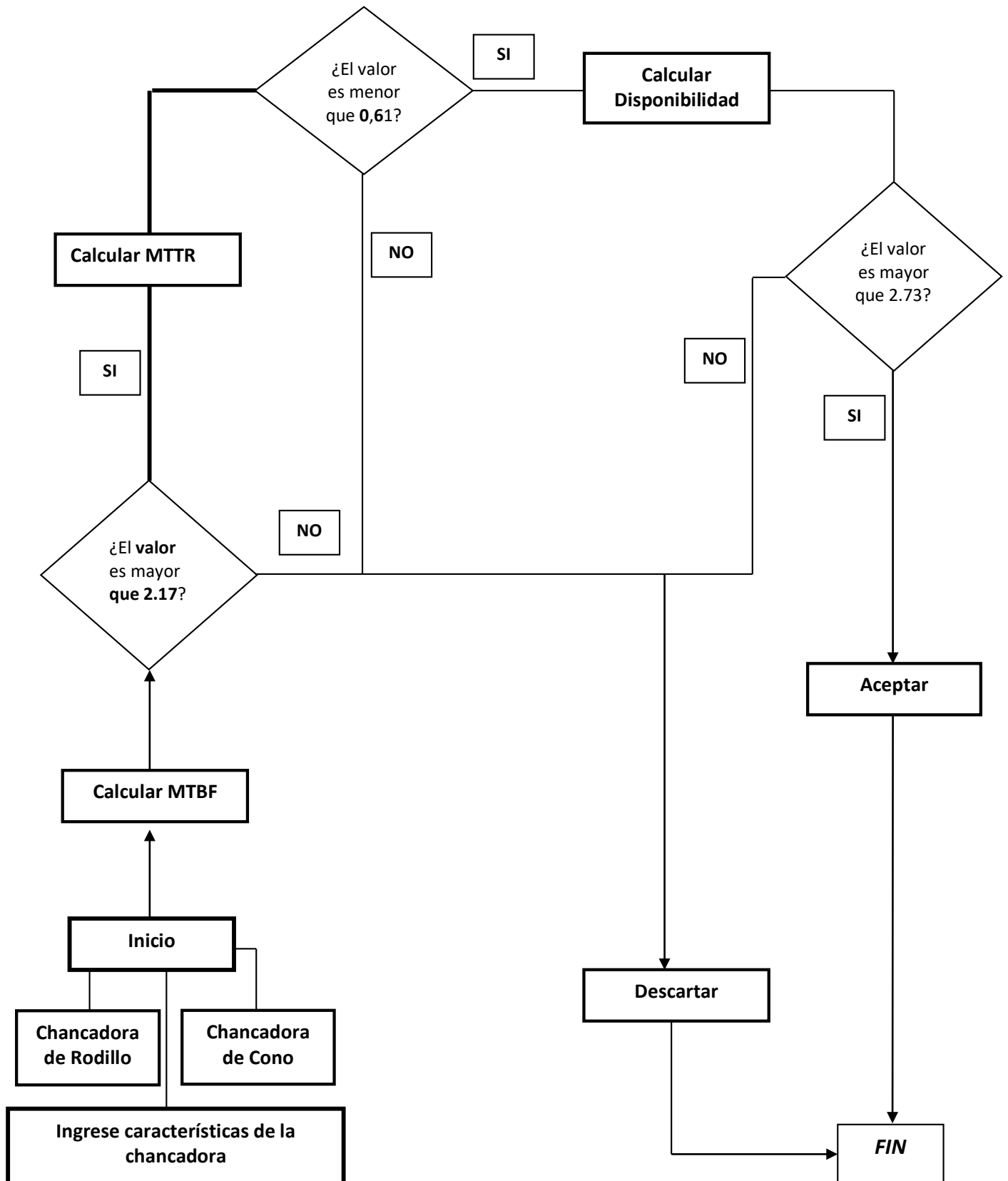
VAN: 30,102,193.13

TIR: 430%

Fuente: Elaboración propia.

4.3.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

La hipótesis de investigación es factible de ser contrastada siempre en cuando la propuesta cumpla con el filtro presentado en el siguiente diagrama de flujo:



CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES.

- Con respecto a comparar el funcionamiento mecánico de la CHANCADORA HYBRID CR810/08-30 - SANDVIK (la cual opero hasta el 2016), con una CHANCADORA CÓNICA HP6 METSO en el área de chancado secundario en la Empresa Sociedad Minera El Brocal. S.A.A.; se obtuvo que:
 - En cuestión a las frecuencias de los mantenimientos programados: la CHANCADORA HYBRID CR810/08-30 - SANDVIK se realiza cada 20 a 15 días y demanda 48 horas de parada de planta de Chancado PB/ZN. Afectando la producción.
 - Por su parte la CHANCADORA CÓNICA HP6 METSO, el cambio de forros más el cambio de sellos se realiza a las 6 semanas, luego de otras 6 semanas se interviene para cambiar solo sellos; demandando 40 horas y 36 horas de parada respectivamente. Las cuales se intervienen en frecuencias desfasadas, sin ocasionar parar la planta de Chancado PB/Zn, solo reducción el tonelaje de producción.
- Con respecto a analizar el Tiempo medio entre fallos (MTBF) de la CHANCADORA SECUNDARIA HYBRID CR810/08-30 - SANDVIK., se obtuvo como resultado 2.17 hr., mientras que CHANCADORA SECUNDARIA CÓNICA HP6 METSO se obtuvo 42.5 hr.
- Con respecto a analizar el Tiempo medio entre reparaciones (MTTR) de la CHANCADORA SECUNDARIA HYBRID CR810/08-30 - SANDVIK., se obtuvo como resultado 0.61hr., mientras que CHANCADORA SECUNDARIA CÓNICA HP6 METSO se obtuvo 0.354 hr.
- Con respecto a analizar la disponibilidad mecánica de la CHANCADORA SECUNDARIA HYBRID CR810/08-30 - SANDVIK., se obtuvo como resultado 64.5 %, mientras que CHANCADORA SECUNDARIA CÓNICA HP6 METSO se obtuvo 74%.
- Con respecto a determinar la influencia de la sustitución de una chancadora de rodillos por dos chancadoras cónicas, en la mejora de la confiabilidad del en el área de chancado secundario en la Empresa Sociedad Minera El Brocal. S.A.A., se obtuvo que una sola CHANCADORA CÓNICA HP6 METSO cubre con creces la

producción de la CHANCADORA SECUNDARIA HYBRID. Además, así mismo se evitó parar la planta por mantenimiento, Situación que se originaba al ejecutar el mantenimiento programado de la CHANCADORA SECUNDARIA HYBRID. Y si el stock pile no tiene la reserva suficiente ocasiona parar la Planta Concentradora N°2

- Con respecto al detalle de los costos de mantenimiento mecánico:
 - El costo de mantenimiento de CHANCADORA SECUNDARIA HYBRID, asciende a un costo mensual de 346,00.00\$.
 - El costo de mantenimiento de CHANCADORA CÓNICA HP6 METSO asciende a un costo mensual de 65,500.00\$.
- La sustitución de la CHANCADORA SECUNDARIA HYBRID por dos CHANCADORA CÓNICA HP6 METSO en el área de chancado secundario de la empresa Sociedad Minera El Brocal S.A.A influye en la mejora de la confiabilidad en mas del 2%. De acuerdo al análisis se obtuvo que: La CHANCADORA SECUNDARIA HYBRID CR810/08-30 - SANDVIK., tiene una confiabilidad del 54.80%, mientras que CHANCADORA SECUNDARIA CÓNICA HP6 METSO se obtuvo una confiabilidad del 90.35%.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda hacer un estudio detallado de selección de chancadoras o trituradoras, donde estén involucradas el área de mina, mantenimiento, proyectos y procesos (metalurgia), con un análisis económico completo. Y complementando la aplicación de todos los indicadores de mantenimiento.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LIBROS:

- Duffuaa, S. O.; Raouf, A. y Campbell, J. D. (2000). *Sistemas de Mantenimiento: Planeación y Control*. (Fernando Roberto Pérez Vázquez, trad.). México D.F.: Editorial LIMUSA S.A.
- García Garrido, S. (2003). *Organización y gestión Integral del mantenimiento*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, S. A.
- García Garrido, S. (2012). *Ingeniería de mantenimiento: Manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento industrial*. Madrid: RENOVETEC.
- Gobitz Colchado, V. (Dir.) (2018). *El Brocal - Memoria anual 2017*. Lima: Sociedad Minera El Brocal S.A.A.
- Gonzáles Galindo, I. A. (Dir.) (2016). *El Brocal - Memoria anual 2015*. Lima: Sociedad Minera El Brocal S.A.A.
- Hernández Sampieri, R.; Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. (5ta ed.). México: Mc Graw-Hill Interamericana.
- Hermeza Maraví, J. A. (Dir.) (2017). *El Brocal - Memoria anual 2016*. Lima: Sociedad Minera El Brocal S.A.A.
- Ministerio de Minas y Energía de la República de Colombia (2003). *Glosario Técnico Minero*. Bogotá D.C.: MINMINAS.
- Schulz Eglin, B. (Ed.) (2003). *Introducción a la Metalurgia*. Santiago: Universidad de Santiago de Chile.
- Tamayo Pacheco, J. F. R.; Salvador Jácome, J.; Vásquez Cordano, A. L. y Zurita Saldaña, V. R. (Editores) (2017). *La industria de la minería en el Perú: 20 años de contribución al crecimiento y desarrollo económico del país*. Lima: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, OSINERGMIN.
- Torres Bardales, C. (2002). *Orientaciones básicas de Metodología de la Investigación científica*. (8va ed.). Lima, 2002.Lima: Libros y Publicaciones.

ARTÍCULOS Y CURSOS:

Canfield, M. (2012). Etapas del Proceso Productivo de una Mina. En: *Curso de Minería para Periodistas, SONAMI*. Santiago: Antofagasta Minerals. Recuperado de <http://www.sonami.cl/site/wp-content/uploads/2016/04/>

Delgado Vega, J. (2008). Curso Métodos de Explotación - Parte Cielo Abierto [diapositivas]. Antofagasta: Universidad de Antofagasta. Recuperado <https://es.scribd.com/document/105943385/Curso-Metodo-Cielo-Abierto>

Huby, R. (2014). Comercialización de concentrados de mineral y metales. En: *II Congreso Internacional de Gestión Minera “Nuevos tiempos: estrategia e innovación”*, 5 al 7 de noviembre. Lima, Instituto de Ingenieros de Minas del Perú (IIMP).

Mesa Grajales, D. H.; Ortiz Sánchez, Y. y Pinzón, M. (2006). La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento. *Scientia et Technica*, 12(30), 155-160. Pereira, Universidad Tecnológica de Pereira.

Orjuela, J. C. (2008). La confiabilidad en los sistemas eléctricos. Disponible en <https://docplayer.es/18308725-La-confiabilidad-en-los-sistemas-electricos-juan-carlos-orjuela.html>

Sandvik Mining and Construction (2015). Curso de operación y mantenimiento chancadora hibrida CR810/8–30. [Diapositivas]. Curso dictado en las instalaciones de la Planta Concentradora de Huaraucaca de Minera El Brocal.

Zegarra Wuest, J. (2017). Diseño de procesos para tratamiento de minerales. Recuperado de <https://www.slideshare.net/pabl robertlopeznicolaz/diseo-procesos-1>

MANUALES:

Alcalá Cruz, E. B.; Flores Corrales, A. y Beltrán Alfonso, A. (2014). *Manual de entrenamiento en concentración de minerales*. Santa Cruz: Servicio Nacional de Geología y Técnico de Minas – SERGEOTECMIN.

Metso Corporation (2013). Nueva generación de molinos de cono HP3, HP4 y HP6. Folleto No. 2640-09-13-ESBL. Mâcon, Francia: Metso Mining and Construction.

Metso Perú S.A. (2015). *Manual de instalación Operación y Mantenimiento Trituradora de Cono HP6* (Traducción del manual original).

Metso Perú S.A. (2015). *Manual técnico de mantenimiento de TRITURADOR DE CONO NORDBERG HP3 - HP4 - HP6* (Traducción del manual original).

Sandvik Perú (2012). *Manual de instalación Operación y Mantenimiento Chancadora Cónica CH 660* (Traducción del manual original).

Sandvik Perú (2012). *Manual de Instrucciones CR810/08-30* (Traducción del manual original).

TESIS:

Cáceres Marchena, R. L. y León Yataco, A. L. (2017). *Aplicación de la gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad a la flota de camiones de acarreo CATERPILLAR 793F de una compañía minera para el mejoramiento de la confiabilidad operacional*. (Tesis de grado). Universidad Nacional del Santa, Chimbote, PE.

Córdova Su, M. R. (2010). *Reemplazo de una chancadora primaria giratoria cónica marca TRAYLOR por una FULLER en la mina Toquepala*. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, PE.

Coronel Uriona, M. C. (2003). *Calibración Basada en Confiabilidad de la Primera Hipótesis de Diseño de la Norma Técnica E060*. (Tesis de grado). Universidad de Piura, Piura, PE.

Gómez Gonzales, J. L. (2017). *Propuesta de mejora a la gestión de mantenimiento utilizando el sistema SAP para los equipos de chancado, molienda, flotación, filtrado y relaves de planta de beneficio de una empresa minero-metalúrgica. Caso Empresa MineraAres*. (Tesis de grado). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, PE.

Méndez Gamboa, M. A. (2008). *Análisis de confiabilidad utilizando modelos de componentes genéricos y matrices de propagación de fallas*. (Tesis de Maestría, Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico). Recuperado de http://www.cenidet.edu.mx/subaca/web-elec/tesis_mc/206MC_mamg.pdf

Melgar Castellanos, H. M. (2010). *Proyecto minero para la explotación de agregados pétreos "Unidad Minera La Loma, Querétaro, QRO."*. (Tesina de grado, Universidad Nacional Autónoma de México). Recuperado de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/482>

- Palomares Quintanilla, E. D. (2015). *Implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) al sistema de izaje mineral, de la Compañía Minera MILPO, unidad "El Porvenir"*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, PE.
- Torres Raymundo, A. M. (2017). *Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de la chancadora 60"x113" de Minera CHINALCO*. (Tesis de grado). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, PE.
- Zárate Paredes, H. R. (2009). *Planeamiento del montaje de la chancadora secundaria en planta de sulfuros del Centro Minero Tintaya*. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, PE.
- Yacila Flores, E. S. (2014). *Montaje de la chancadora cónica Sandvik CH660 de la unidad minera Atacocha para un incremento de producción de 4380TSPD a 5000 TSPD*. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, PE.

PÁGINAS WEB:

- Metso Corporation (2018). Chancadores (trituradoras) de cono Nordberg® Serie HP™. Disponible en <https://www.metso.com/es/productos/chancadores/chancadores-trituradoras-de-cono/chancadoras-de-cono-serie-hp-nordberg/>
- Ministerio de Minería de Chile (2018). Chancador primario. Disponible en <http://www.minmineria.gob.cl/glosario-minero-c/chancador-primario/>
- Shanghai Joyal Machinery Co., Ltd. (2017). Trituradora de rodillos. Disponible en <https://www.joyalcrusher.com/es/products/Crushing/Roller-Crusher.html>
- Sociedad Minera el Brocal S.A.A. (2018). Ubicación. [En línea]. Recuperado de http://www.elbrocal.pe/index.php?fp_cont=1067

CAPÍTULO VII

ANEXOS

Anexo 1. Empresa Sociedad Minera El Brocal

El Brocal realiza sus operaciones en las Unidades Mineras de Colquijirca y la Planta Concentradora de Huaraucaca, localizadas ambas en el distrito de Tinyahuarco, provincia de Cerro de Pasco, departamento de Pasco. El Brocal explota minerales de plata, plomo y zinc en su mina a tajo abierto denominada Tajo Norte y minerales de cobre en su mina subterránea denominada Marcapunta Norte. El mineral extraído se procesa en una planta de concentración de minerales, con una capacidad de tratamiento de 18,000 toneladas métricas por día y cuenta con toda la infraestructura asociada como centrales hidroeléctricas, sub estaciones, talleres, almacenes, canchas de relaves, planta de tratamiento de aguas ácidas, viviendas y oficinas administrativas. (Sociedad Minera El Brocal S.A.A., 2018).

La Sociedad Minera El Brocal S.A.A., planifica las actividades y acciones que ejecuta en torno a la misión y visión destacadas en las memorias institucionales consultadas y que se enuncian de la siguiente manera:

Misión: El Brocal es una empresa minero metalúrgica moderna, que opera con rentabilidad en sus inversiones; cuenta con amplios recursos y reservas de mineral que garantizan su sostenibilidad y crecimiento en el mediano y largo plazo, en base a nuevas operaciones mineras que opera con responsabilidad para con su entorno.

Visión: Producir concentrados minerales y metales, garantizando la creación de valor para los accionistas. Realizar actividades de exploración, asegurando la continuidad del proceso de explotación del mineral, generando oportunidades de desarrollo para nuestros colaboradores y las comunidades del entorno. Mantener el compromiso de operar y desarrollar nuestros proyectos con innovación, eficacia, seguridad, responsabilidad social y ambiental, y buen gobierno corporativo.

En cuanto a la producción de minerales de la Sociedad Minera El Brocal S.A.A., es de destacar que: “Desde el año 2010 la explotación del yacimiento Marcapunta Norte se viene realizando con el método sub level stoping, lo cual permite una producción masiva” (Hermeza, 2016, p.27). Concatenando lo acabado de señalar, tenemos que:

- Reportes de producción del año 2015 destacados por González (2016), dan cuenta que: La producción fina, durante 2015, fue de 32,061 TM de cobre, 53,319 TM de zinc, 18,854 TM de plomo, así como 3´669,500 onzas de plata y 11,263 onzas de oro,

contenidas en los tres concentrados producidos. El volumen total de tratamiento de mineral fue de 5'064,479 toneladas, lo que representa un crecimiento de 47% respecto de 2014. Provenientes del Tajo Norte se trataron 3'101,851 TM de minerales de plomo y zinc (un aumento de 33% respecto de 2014) y de la mina subterránea Marcapunta Norte se trataron 1'962,627 TM de cobre. Las leyes fueron de 2.77%, 1.03% y 1.92%, en Zn, Pb y Cu respectivamente.

- Reportes de producción del año 2016 destacado en Memoria Institucional del año 2016 por Hermoza (2017), dan cuenta que: la operación de la Sociedad Minera El Brocal S.A.A., logró un volumen promedio de tratamiento diario de 16,700 toneladas métricas secas (TMS). Con respecto a la concentración de minerales, el complejo metalúrgico en Huaraucaca benefició un total de 6'111,885 TMS de mineral: el 57.5% correspondió a minerales de plomo-zinc (Tajo Norte), y el 42.5% a minerales de cobre (Marcapunta Norte/Tipo I).
- Reportes de producción del año 2017 destacados por Gobitz (2018), dan cuenta que en dicho año: la operación logró un volumen promedio de tratamiento diario de 15,600 toneladas métricas secas (TMS). La producción de finos durante 2017 fue de 45,097 TM de cobre, 51,511 TM de zinc, 20,313 TM de plomo, así como de 4'084,249 onzas de plata y 22,535 onzas de oro, contenidas en los tres tipos de concentrados producidos. El volumen total de tratamiento de mineral fue de 5'687,581 toneladas que representa una reducción de 6.9% respecto de 2016.

La producción de minerales de la Sociedad Minera El Brocal S.A.A., por tipo, considera cuatro principales productos:

- Plata (Ag).
- Cobre (Cu).
- Plomo (Pb).
- Zinc (Zn).

Por otro lado, es de destacar que de los cuatro productos principales señalados, la Sociedad Minera El Brocal S.A.A., destaca como principal productor nacional, solo en dos, cobre y plomo. En efecto, en el cuadro que prosigue se presenta el ranking de los 10 principales productores nacionales de cobre en el año 2013, ranking en el cual El Brocal ocupaba el puesto siete.

Cuadro 1. Principales productores nacionales de cobre, año 2013.

EMPRESA	TMF	%
CIA. MINERA ANTAMINA	461,058	33.52%
SOUTHERN PERÚ COPPER CORP.	307,680	22.37%
CIA. MINERA CERRO VERDE	261,348	19.00%
SOCIEDAD MINERA ANTAPACCAY	151,187	10.99%
CIA. MINERA MILPO	39,464	2.87%
GOLDS FIELDS LA CIMA S.A.	31,443	2.29%
SOCIEDAD MINERA EL BROCAL S.A.	27,895	2.03%
DOE RUN PERU SRL.	19,578	1.42%
CIA. MINERA CONDESTABLE	18,431	1.34%
EMPRESA MINERA LOS QUENUALES S.A.	6,513	0.47%
OTROS	51,044	3.71%
TOTAL	1,375,641	100%

Fuente: Huby (2014). Comercialización de concentrados de mineral y metales; p.7.

Asimismo, la Sociedad Minera El Brocal S.A.A., se encuentra dentro de los 10 primeros productores nacionales de plomo, ocupando el puesto ocho.

Cuadro 2. Principales productores nacionales de plomo, año 2013.

EMPRESA	TMF	%
VOLCAN COMPAÑÍA MINERA S.A.A.	33,557	12.59%
COMPAÑÍA MINERA MILPO S.A.A.	29,646	11.13%
EMP. ADMINISTRADORA CHUNGAR S.A.C.	28,637	10.75%
CIA. DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A.	21,572	8.10%
SOCIEDAD MINERA CORONA S.A.	17,449	6.55%
EMPRESA MINERA LOS QUENUALES S.A.	13,276	4.98%
COMPAÑÍA MINERA RAURA S.A.	11,034	4.14%
SOCIEDAD MINERA EL BROCAL S.A.A.	10,801	4.05%
COMPAÑÍA MINERA ATACocha S.A.A.	10,599	3.98%
EMP. ADMINISTRADORA CERRO S.A.C.	9,346	3.51%
OTROS	80,557	30.23%
TOTAL	266,472	100%

Fuente: Huby (2014). Comercialización de concentrados de mineral y metales; p.8.

Finalmente, para complementar la información básica referida a Sociedad Minera El Brocal S.A.A., en la figura que prosigue presentamos el diagrama de flujo de la planta de chancado, la cual fue unidad de análisis de la presente investigación.

FLOW SHEET – CHANCADO 18,000 TMD – NOVIEMBRE 2015

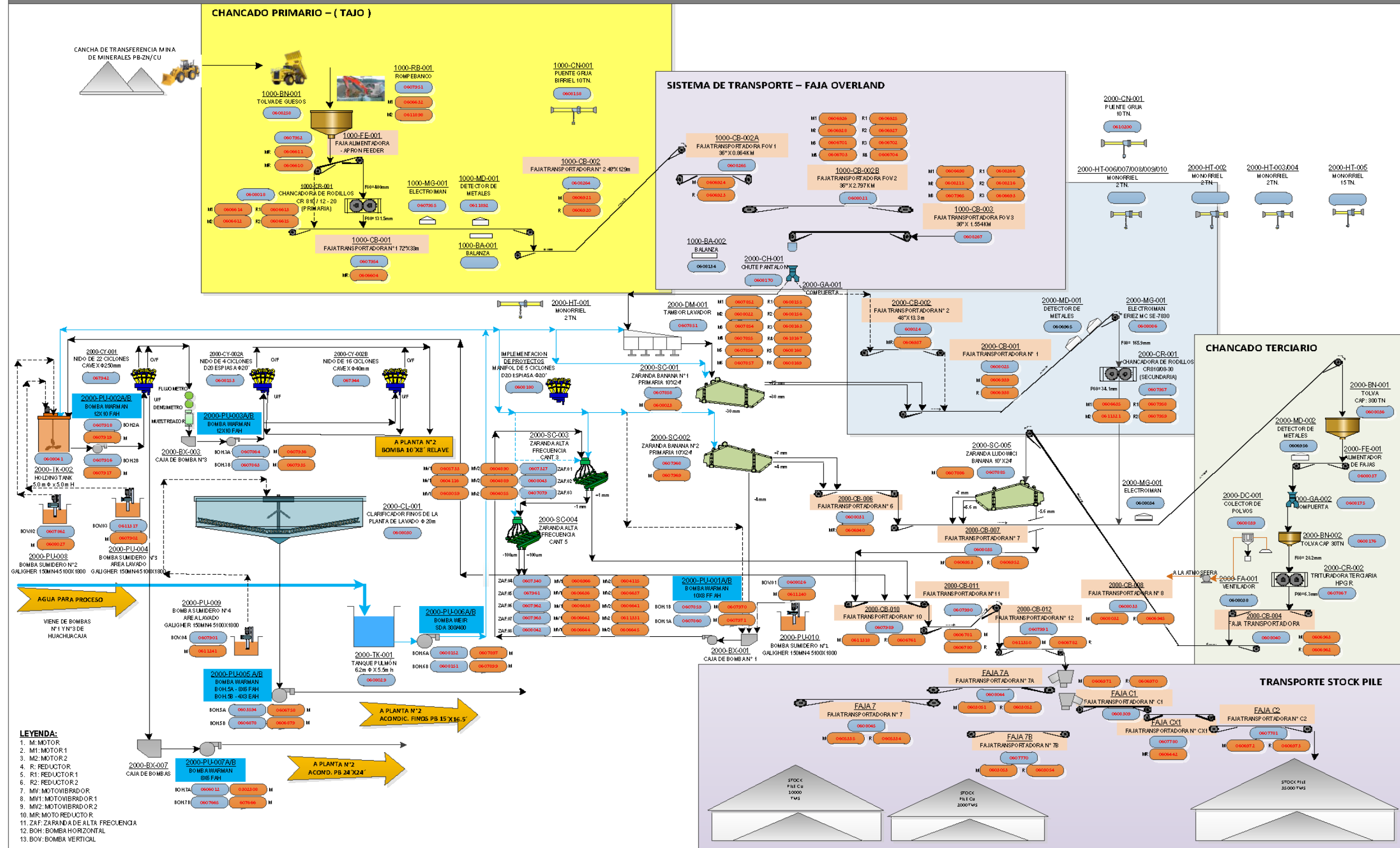


Figura 15. Diagrama de flujo del área de chancado de la Planta de Concentración de Minerales de la Sociedad Minera El Brocal S.A.A. (Hasta el 2016, con la Chancadora CHANCADORA SECUNDARIA HYBRID CR810/08-30 – SANDVIK)

Fuente: Elaboración propia.

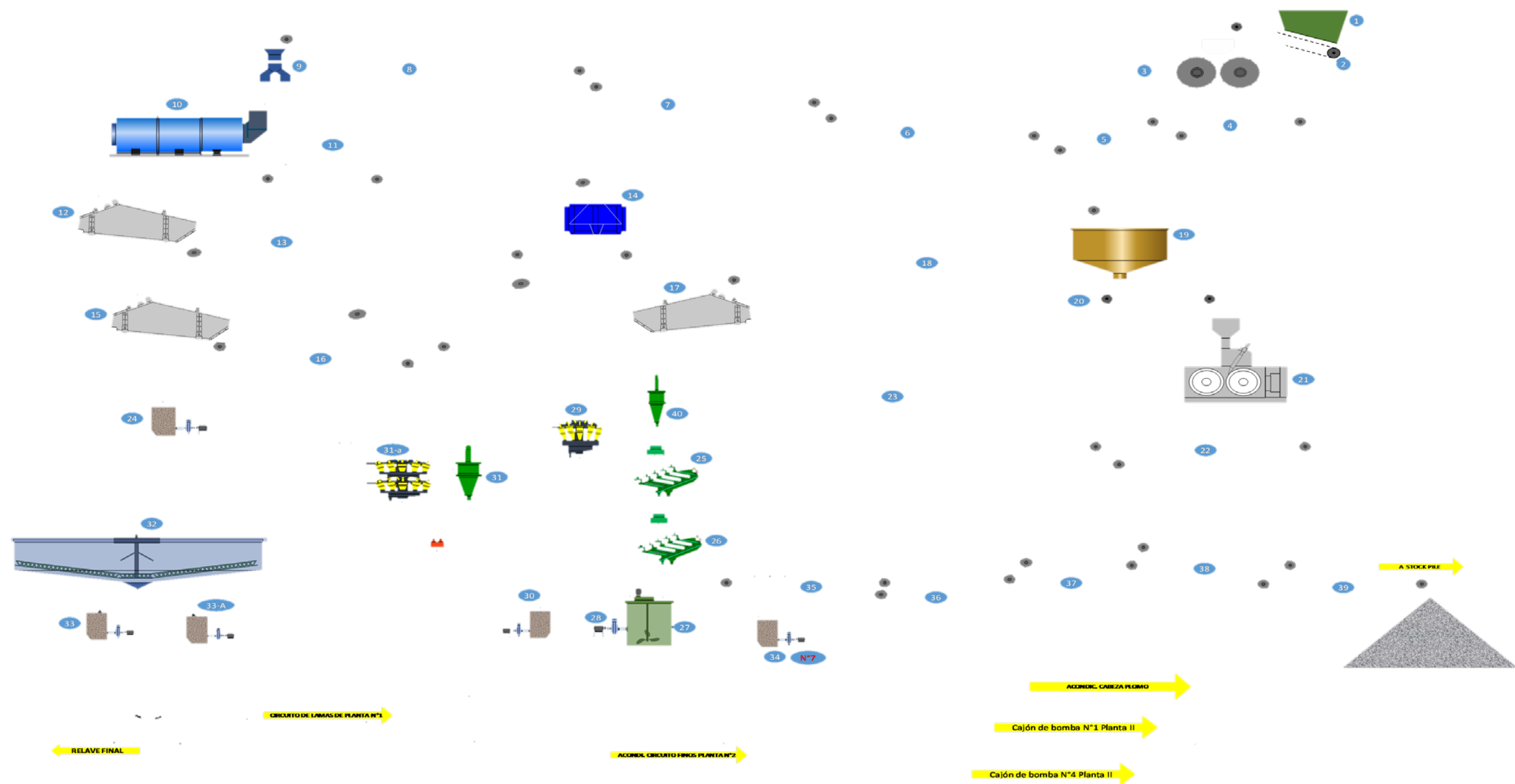


Figura 16. Diagrama de flujo del área de chancado de la Planta de Concentración de Minerales de la Sociedad Minera El Brocal S.A.A. (Del 2017, con las CHANCADORA CÓNICA HP6 METSO)
Fuente: Elaboración propia.

LEYENDA:

CIRCUITO LAVADO Y CHANCADO					
ITEM	TAG	APLICACIÓN	EQUIPO	EA	HP
1	1000-BN-001	Chancado Primario	Tolva de Grucos 100 TM	1	
2	1000-FE-001	Chancado Primario	Apron Feeder de 200 HP	1	200
3	1000-CR-002	Chancado Primario	Trituradora de Rodillos Primario CR810/12-20 SANDVIK	1	536
4	1000-CB-001	Transporte de mineral de chancado primario al secundario	Faja Transportadora N°1 - 72" x 33 m	1	300
5	—————	Transporte de mineral de chancado primario al Scrubber	Faja Transportadora N°2 - 48" X 129 M	1	150
6	—————	Transporte de mineral de chancado primario al Scrubber	Faja Transportadora N°3 Overland - 2A Tramo - 36" X 864 M	1	300
7	—————	Transporte de mineral de chancado primario al Scrubber	Faja Transportadora N°4 Overland - 2B Tramo - 36" X 2797 M	1	2x300 cola 2x300 cbza
8	—————	Transporte de mineral de chancado primario al Scrubber	Faja Transportadora N°5 Overland - 3 Tramo - 36" X 1554 M	1	350 cola 350 Tensión 350 cola
9	—————	Separa el mineral para el lavado	Chute de Panton	1	
10	2000-DM-001	Depurador	Scrubber - Sepro Systems 3.6m X 12m	1	885
11	2000-CB-002	Transporte de mineral	Faja Transportadora N°2 - 48" X 13.3 M	1	24
12	2000-SC-001	Lavado y clasificación del mineral	Zaranda Banana N°01 Ludiwici 10' X 24'	1	125
13	2000-CB-001	Transporte de mineral	Faja Transportadora N°1 - 48" X 38 M	1	40
14	2000-CR-001	Chancado secundario	Chancadora Giratoria IIP6 Nordberg	2	-
15	2000-SC-002	Lavado y clasificación del mineral	Zaranda Banana N°2 Ludowici 10' X 24'	1	125
16	2000-CB-006	Transporte de mineral	Faja Transportadora N°6 - 24" X 33 M	1	20
17	2000-SC-005	Clasificación del mineral	Zaranda Banana N°5 12' X 26'	1	125
18	2000-CB-007	Transporte de mineral	Faja Transportadora N°7 - 48" X 84 M	1	152
19	2000-BN-001	Chancado Terciario	Tolva de 400 TM	1	
20	2000-FE-001	Chancado Terciario	Belt Feeder 48"X12m	1	95

CIRCUITO LAVADO Y CHANCADO					
ITEM	TAG	APLICACIÓN	EQUIPO	EA	HP
21	2000-CR-002	Chancado terciario	Trituradora HPGR Chancado Terciario Humbolt Wedag		3619 (2 motores)
22	2000-CB-004	Transporte de mineral	Faja Transportadora N°4 - 48" X 15 M		45.5
23	2000-CB-008	Transporte de mineral	Faja Transportadora N°8 - 48" X 88 M		190
24	2000-PU-001 A y B	Transferencia Undersize Zaranda Banana N° 2	Bomba Warman 10" X 8"	2	400
25	2000-SC-003	Clasificación del mineral	Zarandas De Alta Frecuencia Derrick N° 1, 2 y 3	3	15
26	2000-SC-004	Clasificación del mineral	Zarandas De Alta Frecuencia Derrick N° 1, 2, 3, 4 y 5	5	25
27	2000-TK-002	Almacenamiento del oversize de las ZAF	Holder Tank 87.10 M3		25
28	2000-PU-002 A y B	Transferencia del oversize de las ZAF	Bomba A y B Warman 12" X 10"	2	33 8
29	2000-CY-001	Clasificación del mineral	Bateria de 22 Hidrociclones 250 mm Ø	1	
30	2000-PU-003 A y B	Transferencia del oversize de los Hidrociclones	Bomba A y B Warman 12" X 10"	2	300
31		Clasificación del mineral	Hidrociclones D20	4	
31-a	2000-CY-002 A y B	Clasificación del mineral	Bateria de 16 canister 40 mm Ø	2	
32	2000-CL-001	Almacenamiento del undersize de los canister	Clarificador De Finos De La Planta De Lavado Westech	1	
33	2000-PU-005 A	Transferencia del undersize de los canister	Bomba 5A Warman 8" X 6"	1	100
33-A	200-PU-005 B	transferencia del undersize de los ciclones	Bomba 5B Warman 8" x 6"	1	100
34	2000-PU-007 A y B	Transferencia del undersize de los Hidrociclones	Bomba A y B Warman 8" X 6"	2	150
35	2000-CB-010	Transporte de mineral al Stock Pile	Faja Transportadora N°10 - 48" X 62 m	1	57
36	2000-CB-011 A	Transporte de mineral al Stock Pile	Faja Transportadora N°11 - 42" X 87 m	1	40
37	2000-CB-011 B	Transporte de mineral al Stock Pile	Faja Transportadora N°12 - 42" X 291 m	1	150
38	2000-CB-012	Transporte de mineral al Stock Pile	Faja Transportadora C1 - 42" X 35 m	1	100
39	2000-CB-013	Transporte de mineral al Stock Pile	Faja Transportadora C2 - 42" X 96 m	1	100
40		Clasificación del mineral	Hidrociclones D20	3	
41		Transporte de mineral al chancado Terciario	Faja Transportadora N°13	1	
42		Transporte de mineral al chancado Terciario	Faja Transportadora N°14	1	

Figura 17. Leyenda de diagrama de flujo del área de chancado de la Planta de Concentración de Minerales de la Sociedad Minera El Brocal S.A.A. (Del 2017, con las CHANCADORA CÓNICA HP6 METSO

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2. Chancadora de Rodillos.

En lo que prosigue se presenta detalles y características de las chancadoras de rodillos, en este caso, el correspondiente a una chancadora híbrida CR810/8-30. Dicha información fue tomada del curso de operación y mantenimiento dictado en las instalaciones de la Planta Concentradora de Huaraucaca de Minera El Brocal en el año 2015, por representantes comerciales de Sandvik Mining and Construction del Perú.

El equipo está formado por 3 componentes principales: Chancadora híbrida, el sistema de lubricación automático y el sistema hidráulico de regulación. Para efectos de la presente investigación se dio suma importancia a la chancadora cuya imagen se presenta a continuación:



Imagen 1. Chancadora híbrida.

Fuente: Sandvik Mining and Construction (2015). Curso de operación y mantenimiento chancadora híbrida CR810/8-30.

Principio de chancado:

- El chancado es realizado por fuerza de impacto y compresión del material.
- La velocidad y fuerza generada en las volantes son transmitidos al material.
- Su diseño permite trabajar con material húmedo y pegajoso.

Condiciones de arranque: Es imprescindible que el arranque de la chancadora sea en vacío y que se cumplan las siguientes condiciones:

- Sistema de lubricación libre de alarmas en un periodo menor a 48 horas.
- Sistema hidráulico en buen estado.
- Temperatura de los motores en condiciones recomendadas por fabricante.
- Temperatura de los rodamientos en condiciones recomendadas por fabricante.
- Temperatura de los reductores en condiciones recomendadas por fabricante.
- Unidad hidráulica con presión recomendada y vigilancia del ajuste de abertura o GAP.

Condiciones en operación:

- Si velocidad del motor disminuye a un 91% de su nominal o la corriente del motor aumenta a 81% de su nominal para la alimentación.
- Se restablece la alimentación después de normalizarse los parámetros (x 20 segundos).
- La faja de alimentación y faja de descarga deben estar enclavados a la chancadora de tal modo que nunca se pueda parar la chancadora con carga (primero se apagan las fajas después la chancadora).

Alimentación:

- La alimentación debe estar centrada entre los rodillos y a lo largo de estos aumenta un máximo de producción y desgaste uniforme de los picos.
- Debe estar enclavada de tal modo que no se pueda encender si no está en operación la chancadora.
- En su primer arranque o después de un mantenimiento mayor (cambio de rodamientos, fajas, reductores) la alimentación debe ser paulatinamente 50% las primeras 3 horas 100% las 6 horas.
- El tamaño de alimentación y el índice de abrasión no debe de exceder a lo nominal.
- La alimentación puede ser húmeda y pegajosa.

Mantenimiento mecánico:

El mantenimiento mecánico deberá estar orientado a la eliminación de fallas, algunas fallas comunes, sus causas y soluciones se presentan en el cuadro que prosigue.

Falla/Problema	Posibles causas	Remedio
Vibración fuerte repentina de la máquina	Partículas ajenas en el material de alimentación, controlar si existen grandes piezas metálicas	Desconecte la máquina y compruebe eventuales daños en los anillos/segmentos trituradores. Arrancar nuevamente la máquina después de la reparación de los daños.
Calentamiento excesivo de los cojinetes	<p>Se ha llenado demasiada grasa</p> <p>Uso de grasas inadecuadas (control de color, pureza)</p> <p>Los cojinetes de rodillos esféricos están dañados.</p>	<p>Eliminar la grasa excesiva.</p> <p>En caso de penetración de polvo, aumentar la cantidad de grasa y/o engrasar más frecuentemente.</p> <p>Engrasar los laberintos más frecuente y cuidadosamente.</p> <p>Retirar los cojinetes según las instrucciones para el desmontaje, sustituirlos y volver a montarlos.</p>

Anexo 3. Chancadora de Cono Serie HP6.

Metso Corporation (2018), comercializador de las chancadoras de cono de la marca Nordberg en sus diferentes presentaciones de la serie HP, nos ofrece algunas características de dichas trituradoras, las cuales son:

- Las chancadoras de cono Nordberg® HP Serie™ ofrecen una combinación única de velocidad, lanzamiento, fuerzas de chancado y diseño de la cavidad. Esta combinación probada ofrece mayor capacidad y superior calidad del producto final en todas las aplicaciones secundarias, terciarias y cuaternarias.
- En comparación con los chancadores equivalentes de tamaño, Nordberg® HP™ tiene una mayor capacidad de salida, una mayor densidad en la cámara de chancado y una relación de reducción mejor, lo que le permite obtener productos finales de rendimiento sobre las especificaciones con el mismo consumo de energía. Con el último motor de alta eficiencia, el chancador de cono HP™ es eficaz y ecológico.
- Para garantizar la máxima seguridad para sus operadores, el chancador de cono Nordberg® HP™ está diseñado para el mantenimiento seguro y fácil. Puede acceder a los componentes principales fácilmente desde la parte superior del chancador. También, el acceso a la camisa es rápido para el mantenimiento. El recipiente se puede quitar con sólo presionar un botón.
- Otras ventajas del chancador de cono Nordberg® HP™ incluyen menos tiempo de inactividad y el aumento de la confianza del operador gracias a la combinación de doble acumulador que resulta en una mejor reactividad del sistema hidráulico.

Metso Corporation (2013), con respecto a los beneficios de usar una chancadora de cono HP6, señala que estos son:

- Alta productividad.
- Bajo coste operativo y de repuestos y mantenimiento rápido y fácil.
- Larga vida útil.
- Alto rendimiento, con curva granulométrica de salida constante y forma adecuada.
- La más alta fuerza de chancado de todos los equipos de cono.
- Disponibilidad imbatible y diseño robusto.
- Hasta un consumo de energía 20% menor que con otras chancadoras de cono.

En la figura que prosigue se presenta las características estructurales (elementos) de una chancadora cónica.

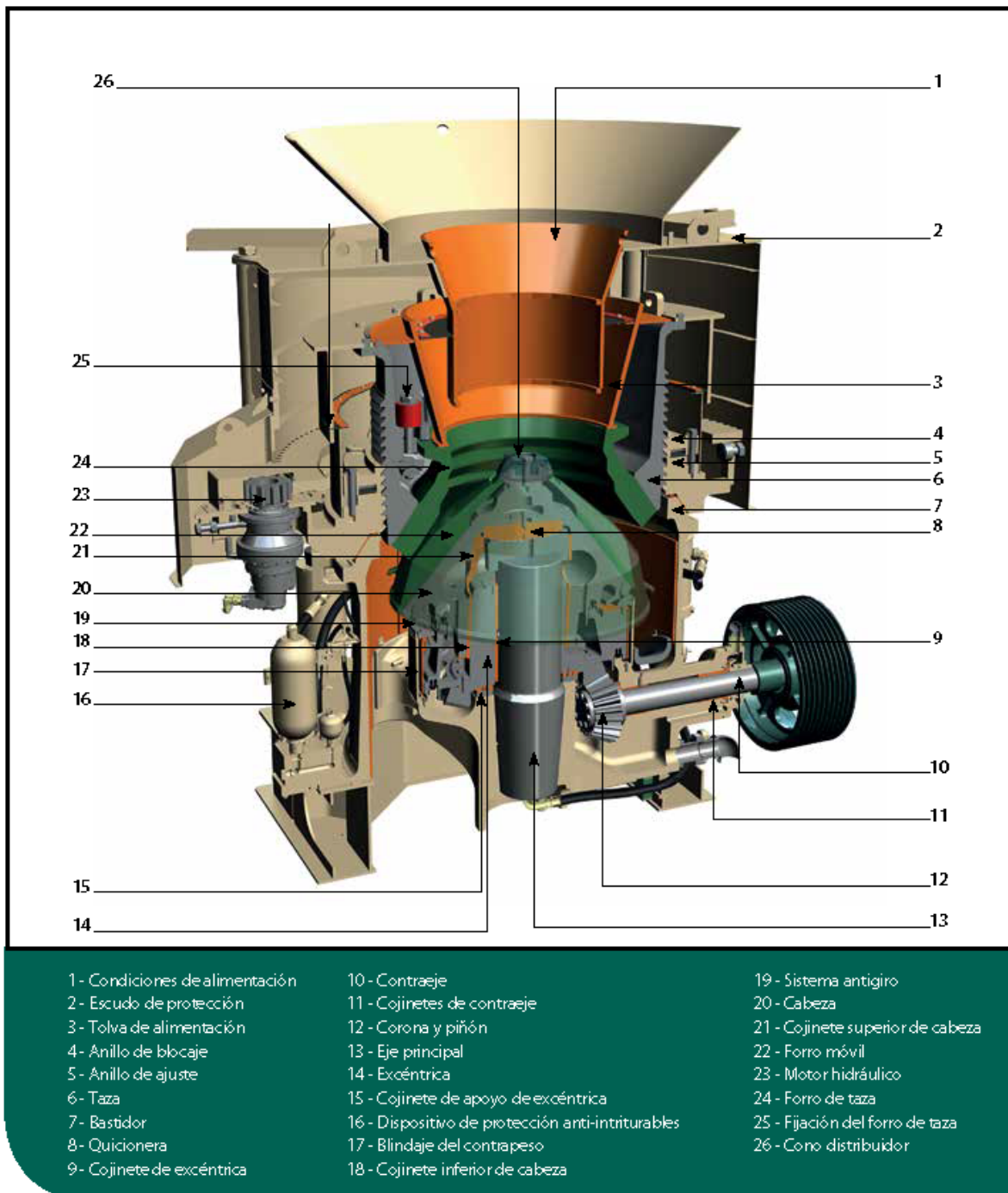


Figura 1. Principales componentes de una chancadora cónica.

Fuente: Metso Corporation (2013). Nueva generación de molinos de cono HP3, HP4 y HP6; p.5.

Anexo 4. Chancado Primario de Plomo-Zinc y Cobre

En lo que prosigue se presenta la producción diaria de la Planta de Chancado Primario de Plomo-Zinc y Cobre. Los datos reportados corresponden a los obtenidos en los primeros 20 días del mes de noviembre del año 2015.

Cuadro 1. Producción diaria de la Planta de Chancado Primario de Plomo-Zinc y Cobre de la Empresa Minera El Brocal S.A.A.

Fecha	Chancado Cu	Chancado Pb-Zn	Total
01/11/2015	9.450,00	3.972,00	13.422,00
02/11/2015	9.250,00	13.988,00	23.238,00
03/11/2015	8.000,00	14.580,00	22.580,00
04/11/2015	3.225,00	7.480,00	10.705,00
05/11/2015	0,00	15.215,00	15.215,00
06/11/2015	8.050,00	13.114,00	21.164,00
07/11/2015	5.025,00	11.552,00	16.577,00
08/11/2015	8.715,00	12.765,00	21.480,00
09/11/2015	8.725,00	8.512,00	17.237,00
10/11/2015	9.250,00	10.486,00	19.736,00
11/11/2015	8.075,00	13.466,00	21.541,00
12/11/2015	9.025,00	11.765,00	20.790,00
13/11/2015	6.075,00	8.462,00	14.537,00
14/11/2015	8.315,00	0,00	8.315,00
15/11/2015	8.700,00	0,00	8.700,00
16/11/2015	9.375,00	0,00	9.375,00
17/11/2015	8.075,00	3.723,00	11.798,00
18/11/2015	6.875,00	15.791,00	22.666,00
19/11/2015	9.100,00	15.585,00	24.685,00
20/11/2015	3.725,00	6.841,00	10.566,00
Total general	147.030,00	187.297,00	334.327,00

Fuente: Reporte diario de producción de la Planta Concentradora de Plomo-Zinc y Cobre de la Empresa Minera El Brocal S.A.A.

Anexo 5. Paradas en el área de Chancado Secundario de la Planta Concentradora de Plomo-Zinc y Cobre

En lo que prosigue se presenta el reporte de las paradas de las chancadoras en el área de Chancado Secundario de la Planta Concentradora de Plomo-Zinc y Cobre. Se tomó como referencia, las paradas ocurridas en el mes de setiembre de 2015.

Cuadro 1. Paradas de la chancadora de rodillos durante el mes de setiembre de 2015.

Inicio	Final	Tiempo (Horas)	Motivo de la Parada
01/09/2015 4:15	01/09/2015 5:45	1,50	Descarga del clarificador
01/09/2015 6:40	01/09/2015 7:00	0,33	Caída de tubería en zaranda de alta frecuencia
01/09/2015 7:00	01/09/2015 9:00	2,00	Colocación de la tubería caído de la zaranda de alta frecuencia
01/09/2015 9:00	01/09/2015 11:00	2,00	Parada por la planta 2: Modificación de la tubería de descarga de la bomba 7, del acondicionador 1 hacia el acondicionador 2
01/09/2015 11:10	01/09/2015 11:30	0,33	Parada de la compresora Sullair, falta presión de aire
01/09/2015 22:21	01/09/2015 22:28	0,12	Detección de metal en faja N° 01
01/09/2015 15:15	01/09/2015 17:00	1,75	Colocación de grapas en la faja overland N° 2A.
01/09/2015 17:20	01/09/2015 17:45	0,42	Parada intempestiva de compresora Sullair.
01/09/2015 18:05	01/09/2015 18:35	0,50	Limpieza de chute de faja N° 02
01/09/2015 23:15	02/09/2015 7:00	7,75	Quemadura de fusibles tablero variador motor 2, chancado primario
02/09/2015 7:00	02/09/2015 11:20	4,33	Falla del sistema del variador del PLC de los motores de la chancadora Primaria
02/09/2015 12:10	02/09/2015 12:30	0,33	Limpieza del chute de la faja 2 - Chancado Primario
02/09/2015 15:25	02/09/2015 15:50	0,42	Mantenimiento overland N° 03 (biselado de faja lateral izquierdo 1"x8")
02/09/2015 19:30	02/09/2015 19:43	0,22	Talque pulmon (no se contaba con rebose de espesador), flujo insuficiente por las bombas N° 1-3. cavitación de bomba N° 6
02/09/2015 20:20	02/09/2015 23:00	2,67	Corte de faja N° 2A (0.2 X 6 metros) parte centro.
03/09/2015 1:50	03/09/2015 2:09	0,32	Retirado de grapa sobresalida y cambio faja N° 02A
02/09/2015 23:00	03/09/2015 1:50	2,83	Corte de faja N° 2A (0.2 X 6 metros) parte centro.
03/09/2015 6:37	03/09/2015 6:47	0,17	Limpieza de volteo de faja 2A cabeza
03/09/2015 11:25	03/09/2015 11:55	0,50	Limpieza del chute de la faja overland 2A
03/09/2015 10:20	03/09/2015 10:35	0,25	Parada de la overland 2A, para medir el tambor de inflexión de la polea cabeza
03/09/2015 14:20	03/09/2015 15:00	0,67	Descarga del clarificador

03/09/2015 22:02	03/09/2015 22:25	0,38	Atoro por mineral panizo en tolva de 30TN - Chancado terciario
03/09/2015 15:00	03/09/2015 17:00	2,00	Descarga de clarificador, colocado de grapas en la faja N° 10
04/09/2015 6:42	04/09/2015 7:00	0,30	Poza sumidero N° 04, presenta arenamiento de impulsor
04/09/2015 5:05	04/09/2015 6:42	1,62	Colocación de grapas en la faja N° 10, altura del empalme
04/09/2015 0:48	04/09/2015 1:56	1,13	Descarga de clarificador, alineamiento de faja C1
04/09/2015 7:00	04/09/2015 15:00	8,00	Desarenamiento de tubería y limpieza del sumidero N° 04
04/09/2015 20:10	04/09/2015 21:11	1,02	Limpieza de la contrapeza de faja N° 10
04/09/2015 23:30	04/09/2015 23:43	0,22	Detección de inchancable en faja N° 01 chancado secundario.
05/09/2015 2:30	05/09/2015 2:52	0,37	Limpieza de cabestrante en faja N° 02 A, altura de polea de cabeza
05/09/2015 3:34	05/09/2015 5:30	1,93	Parada intempestiva de faja N° 11 (falta de enclavamiento)
05/09/2015 9:15	05/09/2015 15:00	5,75	Cambio de segmentos chancadora secundaria Vulcanizado faja N° 1 y N°2B, colocacion de 01 bastidor faja over 2B, Cambio de chaquetas en las placas deflectoras faja overl 2A
05/09/2015 7:10	05/09/2015 7:25	0,25	Relevo de operadores de equipos pesados
05/09/2015 8:10	05/09/2015 8:20	0,17	Parada de la faja N° 1 por activacion de detector de metales
05/09/2015 15:00	05/09/2015 23:00	8,00	Cambio de segmentos Chancado Secundario avance 45% , Cambio de placas deflectoras en chute del CT3.
05/09/2015 23:00	06/09/2015 7:00	8,00	Cambio de segmento Chancadora secundaria. Avance 90%
06/09/2015 17:00	06/09/2015 23:00	6,00	Falla con el variador de arranque de los motores de la chancadora terciaria
06/09/2015 15:00	06/09/2015 17:00	2,00	Mantenimeinto mecanico programado
07/09/2015 2:20	07/09/2015 2:30	0,17	Deteccion de inchancable en la faja 1 - Cha. Secundario
07/09/2015 3:40	07/09/2015 4:00	0,33	Limpieza del chute de la faja overland 2A
06/09/2015 23:00	07/09/2015 1:15	2,25	Falla del variador de los motores de la chancadora terciaria
06/09/2015 7:00	06/09/2015 15:00	8,00	Vulcanizado de fajas N° 10 y N° 11, Culminacion de cambio de segmentos y picas chancadora secundaria, Soldado de huecos ciclones D20 zaranda de alta frecuencia
07/09/2015 11:40	07/09/2015 15:00	3,33	Colocación de segmento caido y ajuste de pernos que sujetan los segmentos de la chancadora terciaria

08/09/2015 7:00	08/09/2015 7:20	0,33	Relevo de operadores de equipo pesado, Ecosem Smelter
08/09/2015 14:30	08/09/2015 15:00	0,50	Falla eléctrica de la remota 19 - faja overland 3
08/09/2015 8:10	08/09/2015 8:25	0,25	Falla de la compresora Sullair
08/09/2015 10:15	08/09/2015 14:30	4,25	Mantenimiento mecánico programado: Ajuste de los segmentos de la chancadora secundaria, colocacion de grapas en la faja overland 3
07/09/2015 21:30	07/09/2015 23:00	1,50	Ajuste de los pernos que sujetan los segmentos de la chancadora secundaria
07/09/2015 23:00	07/09/2015 23:50	0,83	Ajuste de pernos que sujetan los segmentos de la chancadora secundaria
08/09/2015 2:55	08/09/2015 3:10	0,25	Falla del sensor de carga del chute de la faja overland 2A
08/09/2015 15:00	08/09/2015 16:00	1,00	Falla eléctrica de la remota N° 19 - faja overland 3
09/09/2015 2:00	09/09/2015 3:00	1,00	Revision y ajuste de los segmentos de la chancadora secundaria
09/09/2015 4:00	09/09/2015 7:00	3,00	Falla del sistema de arranque de la faja 2 - Chancado primario
09/09/2015 14:20	09/09/2015 15:00	0,67	Falla eléctrica remota N° 11
09/09/2015 7:00	09/09/2015 8:50	1,83	Reparacion de falla eléctrica en faja N° 2 y limpieza de chutes chanco primario
09/09/2015 11:20	09/09/2015 11:50	0,50	Limpieza de chute descarga faja N° 2
09/09/2015 10:40	09/09/2015 11:00	0,33	Colocación de raspador faja N° 1
09/09/2015 16:00	09/09/2015 20:00	4,00	Alineamiento del cilindro del tambor lavador
09/09/2015 20:45	09/09/2015 23:00	2,25	Solpado del reten del acoplamiento del moto reductor de la faja C2
09/09/2015 23:00	10/09/2015 5:00	6,00	Cambio del reten del acople de alta del motor de la faja C2
10/09/2015 5:45	10/09/2015 6:00	0,25	Falla de la compresora sullair
10/09/2015 11:21	10/09/2015 12:28	1,12	Limpieza de chute de cabeza faja N° 02 A
10/09/2015 7:00	10/09/2015 10:00	3,00	Desvió de banda en la faja N° C2 no realizaba buen contacto (problema electrico)
10/09/2015 10:17	10/09/2015 10:48	0,52	Problemas en tirón 32 y 65 en faja N° 03 Overland
10/09/2015 20:00	10/09/2015 21:50	1,83	Descarga del clarificador
10/09/2015 19:10	10/09/2015 19:30	0,33	Recalentamiento del reductor del rodillo móvil de la chancadora secundaria
11/09/2015 1:25	11/09/2015 1:45	0,33	Activación del sensor de rodamiento del rodillo móvil derecho
11/09/2015 3:35	11/09/2015 3:55	0,33	Limpieza del chute de la faja overland 2A, material húmedo se pega a los chutes

11/09/2015 1:55	11/09/2015 3:00	1,08	Falla del sensor del rodillo móvil chancadora terciaria
11/09/2015 5:10	11/09/2015 5:40	0,50	Limpieza del chute de la faja overland 2A, Mineral húmedo panizo
11/09/2015 8:25	11/09/2015 8:39	0,23	Cambio de dos polín de la faja N° 03 Overland
11/09/2015 12:45	11/09/2015 13:50	1,08	Soldeo de tubería de 6" de la bomba N° 01, altura de la nave chancado secundario.
11/09/2015 13:50	11/09/2015 15:00	1,17	Parada de Planta lavado por indicaciones del Ing. Jose Luis Osorio (problemas de la Bomba 1A)
11/09/2015 10:51	11/09/2015 12:15	1,40	Descarga del clarificador
11/09/2015 7:10	11/09/2015 7:15	0,08	Limpieza de chute de faja N° 02, Polea de cabeza
11/09/2015 15:00	11/09/2015 15:55	0,92	Parada por la planta 2: falla de la bomba 1A
12/09/2015 5:30	12/09/2015 7:00	1,50	Falla del sensor de temperatura del cojinete del rodillo móvil lado derecho
12/09/2015 1:30	12/09/2015 2:10	0,67	Limpieza del chute de la faja overland 2A, Material húmedo panizo
12/09/2015 4:30	12/09/2015 4:50	0,33	Limpieza del chute del beel feeder
12/09/2015 13:00	12/09/2015 13:10	0,17	Deteccion de inchancable en la faja N° 01, Chancado secundario.
12/09/2015 7:00	12/09/2015 7:31	0,52	Fallo de sensor de temperatura del rodillo móvil
12/09/2015 8:08	12/09/2015 8:32	0,40	Falla de tiron 32-65 faja Overland N° 03
12/09/2015 9:16	12/09/2015 9:41	0,42	Cambio de grapas en la faja N° 02 A Overland
12/09/2015 13:52	12/09/2015 13:59	0,12	Falta de presión en la compresora Sullair. chancado secundario.
12/09/2015 16:20	12/09/2015 17:40	1,33	Descarga del clarificador
12/09/2015 17:40	12/09/2015 18:30	0,83	Mantenimiento programado
12/09/2015 18:30	12/09/2015 21:30	3,00	Falla de sincronizacion de los motores de arranque de la faja overland 2B
12/09/2015 21:30	12/09/2015 23:00	1,50	Activación de Iso tirones N 32 y 65 de la overland 3 y activacion del sensor de corte de la faja overland 2B
13/09/2015 0:35	13/09/2015 1:25	0,83	Atoramiento del chute de la faja overland 2A y 3
13/09/2015 2:10	13/09/2015 2:50	0,67	Atoramiento del chute de la faja overland 2A
13/09/2015 5:40	13/09/2015 6:10	0,50	Atoramiento del chute de la faja overland 2A
13/09/2015 6:30	13/09/2015 7:00	0,50	Atoramiento del chute de la faja overland 2A
13/09/2015 7:00	13/09/2015 10:02	3,03	Retirado de plancha deflectora en CT2 chute de descarga, Clocado de guardilla en la faja 2 B cola.
13/09/2015 10:02	13/09/2015 10:44	0,70	Cambio de raspador en faja N° 07, Cambio de nueva tubería y aspersores de lavado en el segundo deck Banana N° 01, Colocado de placa de impacto en

			parte posterior chute de alimentación tambor lavador.
13/09/2015 12:18	13/09/2015 12:36	0,30	Falla de tirón 32-65, faja Overland N° 03
13/09/2015 15:18	13/09/2015 15:28	0,17	Activación de tiron 32 y 65 faja Overland N° 3
13/09/2015 21:15	13/09/2015 21:25	0,17	Activación de tiron 32 y 65 faja Overland N° 3
13/09/2015 16:14	13/09/2015 16:33	0,32	Limpieza de chute descarga faja overl N° 2A
13/09/2015 16:37	13/09/2015 17:02	0,42	Limpieza de chute descarga faja overl N° 2A
13/09/2015 19:15	13/09/2015 19:25	0,17	Limpieza de chutes chancado primario
13/09/2015 19:40	13/09/2015 20:30	0,83	Cambio y colocacion de rampas faja N° 2A overland
14/09/2015 1:30	14/09/2015 1:45	0,25	Falta de equipos pesados alimentación chancado primario por falla mecanica
14/09/2015 6:25	14/09/2015 6:45	0,33	Limpieza de chute descarga de la faja N° 1
14/09/2015 14:02	14/09/2015 15:00	0,97	Descarga del clarificador
14/09/2015 12:02	14/09/2015 12:08	0,10	Falla de tiron 32-65 faja N° 03 Overland.
14/09/2015 7:50	14/09/2015 8:15	0,42	Cargador frontal de Smelter queda inoperativo.
14/09/2015 15:00	14/09/2015 19:00	4,00	Zaranda banana N° 1 colocado de tubería y aspesores, Faja over N° 2B Soldeo de placas en chute descarga, Cambio de grampas faja N° 2A, soldeo de Tolva 300 ton
14/09/2015 23:00	15/09/2015 0:25	1,42	Limpieza de chute faja N° 1 chancado primario
15/09/2015 6:20	15/09/2015 7:00	0,67	Parada intempestiva por sobrecarga motor electrico faja N° C1
15/09/2015 1:00	15/09/2015 2:05	1,08	Falla mecanica de equipo pesado Excavadora para alimentación chancado primario
15/09/2015 12:40	15/09/2015 12:50	0,17	Limpieza de chute Faja N° 2, Chancado primario.
15/09/2015 14:02	15/09/2015 15:00	0,97	Parada de planta de lavado a Solicitud del Ing. Miguel Rodriguez
15/09/2015 7:00	15/09/2015 8:37	1,62	Parada intempestiva por sobrecarga faja N° C1, parada intempestiva de bomba N° 01B (cambio de bomba stand by 1A)
15/09/2015 10:53	15/09/2015 10:58	0,08	Falla de tiron 32-65 jafa N° 03 Overland
15/09/2015 11:19	15/09/2015 11:33	0,23	falla desvío 9-10 faja N° 2A overland.
15/09/2015 12:18	15/09/2015 12:30	0,20	Problemas manguera de presión de aire en cuchilla neumática Chancado terciario.
15/09/2015 15:00	15/09/2015 17:58	2,97	Parada de planta de lavado a Solicitud del Ing. Miguel Rodriguez
15/09/2015 18:00	15/09/2015 18:20	0,33	Activación de tirones 32 y 65 faja overland N° 3
15/09/2015 20:55	15/09/2015 21:45	0,83	Limpieza de chutes y colocacion de raspador faja N° 1 chancado primario

16/09/2015 4:45	16/09/2015 5:30	0,75	Limpieza de chute descarga faja overland N° 2A y N° 3 y chute faja N° 1
16/09/2015 2:55	16/09/2015 3:05	0,17	Traslado de equipo pesado otra zona de carguio
16/09/2015 7:00	16/09/2015 7:20	0,33	Relevo de operadores de equipo pesado de Ecosem Smelter
16/09/2015 10:45	16/09/2015 11:05	0,33	Activación de los tirones N° 32 y 65 de la faja overland 3
16/09/2015 13:15	16/09/2015 13:25	0,17	Parada de la chancadora secundaria por incremento de la temperatura del reductor del rodillo móvil
16/09/2015 8:20	16/09/2015 8:50	0,50	Cambio de 3 paneles rotos de 7x12mm en al zaranda banana 5
16/09/2015 15:55	16/09/2015 16:15	0,33	Parada de compresora sullair
16/09/2015 18:00	16/09/2015 18:20	0,33	Parada por atoro de chute descarga faja overlan N° 3
16/09/2015 18:40	16/09/2015 18:50	0,17	Para intempestiva de tambor lavor por falla compresora sullair
16/09/2015 21:10	16/09/2015 21:20	0,17	Corte de pestaña faja N° 2 , limpieza filtro compresora sullair
17/09/2015 0:10	17/09/2015 0:20	0,17	Retiro de banco cruzado en chute faja N° 2 primario
17/09/2015 4:15	17/09/2015 4:25	0,17	Retiro de banco cruzado en chute faja N° 2 primario
16/09/2015 23:00	17/09/2015 0:00	1,00	Limpieza de chute faja N° 1 y chute descarga faja Overlan N° 2 A, Colocación de guardia derecho cola faja C1, colocacion de faldón chute descarga faja C2, parchado de chute descarga faja N° 10
17/09/2015 10:30	17/09/2015 14:00	3,50	Mantenimiento Mecanico programado
17/09/2015 14:20	17/09/2015 14:35	0,25	Activación de los tirones N° 32 y 65 de la faja overland 3
17/09/2015 20:55	17/09/2015 21:50	0,92	Activación de tirones N° 32 y 65 faja overland N °3
17/09/2015 19:00	17/09/2015 19:50	0,83	Activación de tirones N° 32 y 65 faja overland N °3
18/09/2015 6:05	18/09/2015 6:25	0,33	Parada intempestiva chancadora terciaria por sobrecarga
18/09/2015 0:25	18/09/2015 1:00	0,58	Calentamiento de caja de rodamiento Bomba N° 1A
18/09/2015 1:45	18/09/2015 2:25	0,67	Activación de tiron del N° 21 al 25 remota 10 faja overland N° 2B y parada intempestiva de compresora sullair
18/09/2015 1:00	18/09/2015 1:35	0,58	Falla eléctrica de remota N° 17 faja overland N° 3
18/09/2015 13:45	18/09/2015 15:00	1,25	Mantenimeinto y revision de la compresora sullair
18/09/2015 12:45	18/09/2015 13:45	1,00	parada de la chancadora terciaria por incremento de la temperatura del cojinete del rodillo fijo
18/09/2015 21:45	18/09/2015 21:55	0,17	Activación desevio de banda 7 y 8 faja N° 3 overland
18/09/2015 18:05	18/09/2015 18:15	0,17	Parada de compresora sullair

18/09/2015 19:00	18/09/2015 19:40	0,67	Ausencia de operadores de equipos pesados
18/09/2015 15:00	18/09/2015 15:45	0,75	Mantenimiento de la compresora Sullair
18/09/2015 21:10	18/09/2015 21:30	0,33	Activación de detector de metales faja N° 1
18/09/2015 22:20	18/09/2015 22:30	0,17	Activación de detector de metales faja N° 1
18/09/2015 19:55	18/09/2015 20:10	0,25	Retiro de madera chute del triper faja N° 2
19/09/2015 3:55	19/09/2015 4:30	0,58	Retiro de banco de chute alimentación chancadora primaria
19/09/2015 5:10	19/09/2015 5:40	0,50	Apertura de fusible en tralero PLC SIME
19/09/2015 0:25	19/09/2015 1:00	0,58	Inspeccion de segmentos chancado primario
19/09/2015 6:25	19/09/2015 6:45	0,33	Limpieza de polea faja N° 2A
19/09/2015 8:10	19/09/2015 13:00	4,83	Parada por la planta 2, Mantenimiento programado en la planta 2
19/09/2015 21:36	19/09/2015 21:59	0,38	Caída de remotas del 01al 11.
19/09/2015 16:30	19/09/2015 18:35	2,08	Rotura de la faja N° 07 por caída de plancha del chute de descarga chancado secundario.
19/09/2015 20:20	19/09/2015 21:23	1,05	Caída de remotas 01 al 11
19/09/2015 22:30	19/09/2015 22:50	0,33	Limpieza de chute faja N° 02 - chan. primario, Limpieza de chute CT1-CT2-CT3
20/09/2015 0:20	20/09/2015 0:40	0,33	Limpieza de chute Faja N° 02, Chute CT2, Chute faja N° 03 cabeza Overland.
20/09/2015 4:37	20/09/2015 4:47	0,17	Limpieza de cabestrante en faja N° 2A altura del CT2.
20/09/2015 6:40	20/09/2015 7:00	0,33	Limpieza de chute Faja N° 02
20/09/2015 1:20	20/09/2015 1:30	0,17	Atoro por madera en chute N° 02 cabezas.
20/09/2015 7:55	20/09/2015 8:40	0,75	Limpieza del chute faja 1, faja 2 y faja overland 2A
20/09/2015 15:00	20/09/2015 18:25	3,42	Soldeo de Chute Tolva 300 TN, Tolva 30 TN y Chan. Secundario chute descarga, Cambio de polín de retorno Faja N° 03 Overland, colocado de planchas anti-desgaste chute CT3.
20/09/2015 21:43	20/09/2015 21:50	0,12	Limpieza de chute CT2.
20/09/2015 22:32	20/09/2015 22:47	0,25	Limpieza de chute en CT1.
21/09/2015 1:54	21/09/2015 2:37	0,72	Biselado de corte de faja N° 2A Overland, lateral derecho
21/09/2015 3:27	21/09/2015 5:34	2,12	Corte de faja N° 03 Overland lateral derecho 0.025x40 metros
20/09/2015 23:15	21/09/2015 0:13	0,97	Limpiezoa de chute faja N° 01, limpeza de chute tripper, Cambio de raspador de la faja N°03 Overland polea de cabeza.
21/09/2015 0:16	21/09/2015 0:40	0,40	Limpieza de chute CT1.
21/09/2015 1:13	21/09/2015 1:35	0,37	Limpieza de chute CT1, Tripper de faja N° 02

21/09/2015 6:45	21/09/2015 7:00	0,25	Limpieza de chute CT2
21/09/2015 12:20	21/09/2015 13:20	1,00	Falla de sincronizacion de los motores de arranque N° 1 y 2 de la faja overland 2A
21/09/2015 7:00	21/09/2015 8:00	1,00	Limpieza del chute de la faja 2, faja overland 2A, faja overland 3 y el sistema de volteo de la faja overland 2A
21/09/2015 20:10	21/09/2015 20:35	0,42	Limpieza de chute CT2.
21/09/2015 22:15	21/09/2015 22:40	0,42	Mejora de guardilla faja N° 07, altura de la descarga de zaranda banana N°5 L/D
21/09/2015 15:15	21/09/2015 18:45	3,50	Colocado de plancha en tolvin de 30TN CH-Ter, Colocación de guardilla y cambio de polines de retorno faja 7, cambio de polines en la faja N° 12, soldeo de cajón distribuidor ciclones D-20.
21/09/2015 23:30	21/09/2015 23:46	0,27	Limpieza de tripper faja N° 02.
22/09/2015 6:38	22/09/2015 6:50	0,20	Limpieza de tolva de 300 TN
22/09/2015 0:10	22/09/2015 2:20	2,17	Cambio de guardilla en faja N° 02, altura del tripper. Cambio de guardilla en faja N° 07 lateral derecho. Liberación de carga en polea de cola por derrame de faja N° 07.
22/09/2015 7:20	22/09/2015 7:30	0,17	Relevo de operadores de equipos pesados
22/09/2015 9:05	22/09/2015 9:25	0,33	Limpieza chute descarga faja N° 1 , limpieza polines de carga faja overland N° 2B
22/09/2015 8:50	22/09/2015 9:00	0,17	Retiro de e plancha metalica del electroiman Faja N° 1 Secundario
22/09/2015 7:30	22/09/2015 8:00	0,50	Ajuste de raspador cola faja N° 3 overland, limpieza de paneles zaranda Banana N° 5
22/09/2015 11:20	22/09/2015 11:30	0,17	Colocación de polines de retorno F2A lado cabeza
22/09/2015 12:10	22/09/2015 12:40	0,50	Colocación de pernos en placas de desgaste en chute descarga faja overland N° 2A
22/09/2015 15:10	22/09/2015 18:30	3,33	Cambio de grapas y ajuste de porta guardillas chute de alimentación faja N° 2 A overland, soldeo de chute finos Zaranda banana N° 1, Cambio de polines y reparación de estaciones faja N° 2B Overland.
22/09/2015 21:56	22/09/2015 22:11	0,25	Limpieza de tolva 300TN.
23/09/2015 1:20	23/09/2015 1:25	0,08	Retiro de inchancable faja N° 01 Ch-Sec.
23/09/2015 6:35	23/09/2015 6:50	0,25	Retiro de inchancable faja N° 7 ch.Sec.
23/09/2015 1:32	23/09/2015 1:48	0,27	Limpieza de tolva 30TN.
23/09/2015 4:06	23/09/2015 5:10	1,07	Limpeza de chute tripper faja N° C2, Limpieza de chute cola de faja N° C1
23/09/2015 5:54	23/09/2015 6:05	0,18	Limpieza de chute de tolva 30TN.
22/09/2015 23:48	23/09/2015 0:22	0,57	Limpieza de tolva de 30TN, liberación de polea de cola por derrame de faja N° 07.

23/09/2015 9:20	23/09/2015 10:20	1,00	Retiro de guardia izquierda cola faja N° 01
23/09/2015 10:30	23/09/2015 12:30	2,00	Parada de Planta Chancado por orden Ing. Juan Barragan para modificacion de circuito en Planta N° 2
23/09/2015 13:00	23/09/2015 15:00	2,00	Parada de Planta Chancado por orden Ing. Jose Osorio para modificacion de circuito en Planta N° 2
23/09/2015 7:10	23/09/2015 7:50	0,67	Limpieza del electroiman Faja N° 7 y colocacion de portaguardilla
23/09/2015 18:50	23/09/2015 22:18	3,47	Problema eléctrico en el variador de la Bomba 1A.Problema eléctrico en el variador de la Bomba 1A (no se cuenta operativo bomba stand by N° 1B).
23/09/2015 15:00	23/09/2015 17:35	2,58	Parada de Planta Chancado por orden Ing. Jose Osorio, para modificación de circuito en Planta N° 2
23/09/2015 17:35	23/09/2015 18:15	0,67	Parada por Bomba N°07 válvula cerrada en planta N° 02.
24/09/2015 0:10	24/09/2015 7:00	6,83	Parada de planta chancado a solicitud del Ing. Barragan (descarga de circuito planta N° 02). Limpieza de circuito chancado CT1, CT2, Zaranda Banana N° 02.
24/09/2015 7:00	24/09/2015 15:00	8,00	Desmontaje para cambio de segmentos chancadora secundaria, Cambio de planchas de desgaste chute alimentación Tambor Lavador, Cambio de planchas de desgaste chute triper faja N° 2
24/09/2015 15:00	24/09/2015 23:00	8,00	Mantenimiento mecanico programado
24/09/2015 23:00	25/09/2015 7:00	8,00	Parada de planta por mantenimiento programado, Montaje de segmentos chancadora secundaria avance 90 %, Limpieza piso faja N° 10 avance 50%
25/09/2015 7:00	25/09/2015 15:00	8,00	Culminacion de montaje de segmentos chanc. secundaria, Cambio de planchas de desgaste en chutes Fajas N° 2 primario, N° 2A CT1 y faja over N° 3 descarga
25/09/2015 15:00	25/09/2015 21:00	6,00	Culminacion de cambio de planchas de desgaste en fajas overl N° 3, N° 2B y 2A CT1 y CT2, Inspeccion y limpieza de ciclones CAVEX y D20, limpieza del circuito
25/09/2015 21:00	25/09/2015 23:00	2,00	Falla en el arrancador faja N° 8 y chancadora terciaria
25/09/2015 23:00	26/09/2015 7:00	8,00	Falla en el arrancador faja N° 8 y chancadora terciaria, Limpieza piso y plataformas de fajas N° 10 y contrapesa de la faja N°7, N° 6 y N° 2A CT2
26/09/2015 9:55	26/09/2015 10:05	0,17	Activación de detector de metal faja N° 1 secundaria
26/09/2015 12:25	26/09/2015 12:35	0,17	Activación de detector de metal faja N° 1 secundaria
26/09/2015 14:15	26/09/2015 14:25	0,17	Activación de detector de metal faja N° 1 secundaria
26/09/2015 10:55	26/09/2015 11:05	0,17	Activación de tirones 15 al 17 faja overl N° 2A

26/09/2015 11:40	26/09/2015 12:00	0,33	Limpieza de chute descarga faja Overl N° 2A
26/09/2015 7:00	26/09/2015 9:25	2,42	Falla en el arrancador faja N° 8 y chancadora terciaria, falla en sensor de cuchilla eléctrica tolva 30 ton
26/09/2015 13:10	26/09/2015 13:25	0,25	Colocación de raspador lado cabeza faja N° 2A
27/09/2015 7:40	27/09/2015 7:50	0,17	Abastecimiento de combustile a Equipos psados
27/09/2015 7:10	27/09/2015 7:30	0,33	Limpiea de chute, faja N° 1, N° 2 y Triper faja N° 2 primario
27/09/2015 13:30	27/09/2015 15:00	1,50	Limpieza de chute, faja over N° 2A, N° 3, Triper faja N° 2 por acumulacion de carga humeda y panizado
27/09/2015 8:20	27/09/2015 9:25	1,08	Corte de energia en el equipo de control chancadora terciaria
27/09/2015 7:50	27/09/2015 8:05	0,25	Falla eléctrica de remotas N° 6 hacia N° 1 faja Overl 2A y 2B
26/09/2015 23:05	27/09/2015 0:05	1,00	Caída de jebe de la canaleta de descarga de la zaranda banana 1 hacia la zaranda banana 2
27/09/2015 15:40	27/09/2015 17:15	1,58	Colocación de grampas en la faja overland 2A
27/09/2015 18:40	27/09/2015 20:25	1,75	Deteccion de corte en la faja overland 3, de 2 pul x 22 mts
28/09/2015 0:20	28/09/2015 2:30	2,17	Limpieza del chute de la faja overland 2B, y colocacion de jebe en el chute de la faja overland 3
28/09/2015 8:45	28/09/2015 8:55	0,17	Parada intempestiva de tambor lavador (amperaje alto)
28/09/2015 8:58	28/09/2015 9:38	0,67	Parada intempestiva de tambor lavador (amperaje alto)
28/09/2015 14:14	28/09/2015 14:21	0,12	parada intempestiva de chancadora secundaria (temperatura alta)
28/09/2015 14:40	28/09/2015 15:00	0,33	Montaje de raspador y cambio de placas anti desgaste en CT2, mejorado de raspador en chute de CT3
28/09/2015 7:00	28/09/2015 7:37	0,62	Limpieza de chute en CT3
28/09/2015 8:06	28/09/2015 8:18	0,20	Limpieza en chute de CT3
28/09/2015 10:24	28/09/2015 10:40	0,27	Parada por limpieza de chute CT2
28/09/2015 15:00	28/09/2015 16:45	1,75	Montaje de raspador en la faja 2A, faja 2B y cambio de placas anti desgaste en el chute de la faja overland 2A
28/09/2015 17:00	28/09/2015 23:00	6,00	Parada por la planta 2: falla del sistema de lubricacion del molino 16 x 22
28/09/2015 23:00	29/09/2015 1:30	2,50	Parada por la planta 2: Falla del molino 16 x 22
29/09/2015 12:33	29/09/2015 12:42	0,15	
29/09/2015 9:14	29/09/2015 9:20	0,10	Parada por retiro de inchancable.

29/09/2015 7:57	29/09/2015 8:57	1,00	Limpieza de chute de CT2-CT3, limpieza chute polea cabeza faja N° 03.
29/09/2015 15:00	29/09/2015 16:00	1,00	caída de plancha en el chute del tambor lavador
29/09/2015 16:00	29/09/2015 17:15	1,25	Parchado del chute de descarga de la chancadora secundaria
29/09/2015 17:35	29/09/2015 18:35	1,00	Parchado de la tubería trelex de descarga de la bomba 1A
29/09/2015 23:45	30/09/2015 0:45	1,00	Reforzamiento de las planchas laterales del chute de ingreso de carga hacia el tambor lavador
30/09/2015 2:35	30/09/2015 3:35	1,00	Colocación de jebe en el chute del triper de la faja 2 - primario
30/09/2015 7:00	30/09/2015 7:35	0,58	Falta de abastecimiento de mineral frente toromocho, cambio de guardia equipos pesados.
30/09/2015 10:20	30/09/2015 14:25	4,08	Cambio de grapas en faja overland N° 03, Soldeo de chute de alimentación en tambor lavador, Soldeo de hueco en Banana N° 01 lado posterior primer deck y retiro de faldón de 1.21 X10 metros.
30/09/2015 9:21	30/09/2015 9:44	0,38	Limpieza de chute CT2 y volteo de faja
30/09/2015 8:06	30/09/2015 9:00	0,90	Limpieza del chute de tripper faja N° 02
30/09/2015 16:30	30/09/2015 21:30	5,00	Atoramiento del chute de la zaranda banana 1 hacia la faja 6 debido a la caída de un jebe

Fuente: Reporte diario de paradas de chancadora de rodillos de la Planta Concentradora de Plomo-Zinc y Cobre de la Empresa Minera El Brocal S.A.A.

Anexo 7. Costos operativos de la CHANCADORA SECUNDARIA CÓNICA HP6.

FUENTE	AÑO	COD_CC	MAT	PROVEEDOR	CAN_EQUIPO	UM	GRUPO_NAT	COD_CUENTA	DetallePresupuesto	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL(USD)	
GEN	2017	2101152011-P2 Mannto Recepción y Chancado	SEALT KIT, N/P N53000140, MARCA: METSO. PARA CHANCADORA, MODELO: HP6	METSO	1	UND	SUMINISTROS	6132000001-	126940 - CHANCADORA CONICA SECUNDARIA HP6 N°03	800.00			800.00		800.00		800.00		800.00		800.00	800.00	USD 4,800.00
GEN	2017	2101152011-P2 Mannto Recepción y Chancado	SEALT KIT, N/P N53000141, MARCA: METSO. PARA CHANCADORA, MODELO: HP6	METSO	1	UND	SUMINISTROS	6132000001-	126940 - CHANCADORA CONICA SECUNDARIA HP6 N°03	800.00			800.00		800.00		800.00		800.00		800.00	800.00	USD 4,800.00
GEN	2017	2101152011-P2 Mannto Recepción y Chancado	SEALING DEVICE SET, PART NUMBER: N90288047, SPARE PARTS FOR CONE CRUSHERS METSO HP6.	METSO	1	JG	SUMINISTROS	6132000001-	126940 - CHANCADORA CONICA SECUNDARIA HP6 N°03	2000.00			2000.00		2000.00		2000.00		2000.00		2000.00	2000.00	USD 12,000.00
GEN	2017	2101152011-P2 Mannto Recepción y Chancado	SEALING SET, N98000467 / CHANCADORA CONICA METSO HP6	METSO	1	JG	SUMINISTROS	6132000001-	126940 - CHANCADORA CONICA SECUNDARIA HP6 N°03	2000.00			2000.00		2000.00		2000.00		2000.00		2000.00	2000.00	USD 12,000.00
GEN	2017	2101152011-P2 Mannto Recepción y Chancado	SEAL, PART NUMBER: N53128502, SPARE PARTS FOR CONE CRUSHERS METSO HP6	METSO	1	UND	SUMINISTROS	6132000001-	126940 - CHANCADORA CONICA SECUNDARIA HP6 N°03	550.00			550.00		550.00		550.00		550.00		550.00	550.00	USD 3,300.00
GEN	2017	2101152011-P2 Mannto Recepción y Chancado	GLUE, N/P MM0379675. PARA CHANCADORA METSO HP6	METSO	1	UND	SUMINISTROS	6132000001-	126940 - CHANCADORA CONICA SECUNDARIA HP6 N°03	90.00			90.00		90.00		90.00		90.00		90.00	90.00	USD 540.00
GEN	2017	2101152011-P2 Mannto Recepción y Chancado	U-SEAL, N53129005 / CHANCADORA CONICA METSO HP6	METSO	1	UND	SUMINISTROS	6132000001-	126940 - CHANCADORA CONICA SECUNDARIA HP6 N°03	500.00			500.00		500.00		500.00		500.00		500.00	500.00	USD 3,000.00
GEN	2017	2101152011-P2 Mannto Recepción y Chancado	GLUE, PART NUMBER: N98000029, SPARE PARTS FOR CONE CRUSHERS METSO HP6.	METSO	1	UND	SUMINISTROS	6132000001-	126940 - CHANCADORA CONICA SECUNDARIA HP6 N°03	120.00			120.00		120.00		120.00		120.00		120.00	120.00	USD 720.00
GEN	2017	2101152011-P2 Mannto Recepción y Chancado	MANTLE M/C, N55309508 / CHANCADORA CONICA METSO HP6	METSO	1	UND	SUMINISTROS	6132000001-	126940 - CHANCADORA CONICA SECUNDARIA HP6 N°03				9000.00				9000.00				9000.00	9000.00	USD 27,000.00
GEN	2017	2101152011-P2 Mannto Recepción y Chancado	BOWL LINER C, N55209502 / CHANCADORA CONICA METSO HP6	METSO	1	UND	SUMINISTROS	6132000001-	126940 - CHANCADORA CONICA SECUNDARIA HP6 N°03				8500.00				8500.00				8500.00	8500.00	USD 25,500.00
GEN	2017	2101152011-P2 Mannto Recepción y Chancado	TORCH RING, N12080212 / CHANCADORA CONICA METSO HP6	METSO	1	UND	SUMINISTROS	6132000001-	126940 - CHANCADORA CONICA SECUNDARIA HP6 N°03				4000.00				4000.00				4000.00	4000.00	USD 12,000.00
GEN	2017	2101152011-P2 Mannto Recepción y Chancado							126941- SERVICIOS PARA CHANCADORA SECUNDARIA HP6 N°3	12400.00			12400.00		12400.00		12400.00		12400.00		12400.00	12400.00	USD 74,400.00
GEN	2017	2101152011-P2 Mannto Recepción y Chancado							126941- SERVICIOS PARA CHANCADORA SECUNDARIA HP6 N°3	2280.00			3200.00		2280.00		3200.00		2280.00		3200.00	3200.00	USD 16,440.00
																						USD 196,500.00	

Fuente: Elaboración propia

FUENTE	AÑO	COD_CC	MAT	PROVEEDOR	CAN	EQUIPO	UM	GRUPO_NAT	COD_CUENTA	DetallePresupuesto	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL(USD)
GEN	2017	2101152011-P2	Mannto Recepción y Chancado	SEALT KIT, N/P N53000140, MARCA: METSO. PARA CHANCADORA, MODELO: HP6			UND	SUMINISTROS	6132000001-	126942 - CHANCADORA CONICA SECUNDARIA HP6 N°04		800.00		800.00		800.00		800.00		800.00		800.00	USD 4,800.00
GEN	2017	2101152011-P2	Mannto Recepción y Chancado	SEALT KIT, N/P N53000141, MARCA: METSO. PARA CHANCADORA, MODELO: HP6			UND	SUMINISTROS	6132000001-	126942 - CHANCADORA CONICA SECUNDARIA HP6 N°04		800.00		800.00		800.00		800.00		800.00		800.00	USD 4,800.00
GEN	2017	2101152011-P2	Mannto Recepción y Chancado	SEALING DEVICE SET, PART NUMBER: N90288047, SPARE PARTS FOR CONE CRUSHERS METSO HP6.			JG	SUMINISTROS	6132000001-	126942 - CHANCADORA CONICA SECUNDARIA HP6 N°04		2000.00		2000.00		2000.00		2000.00		2000.00		2000.00	USD 12,000.00
GEN	2017	2101152011-P2	Mannto Recepción y Chancado	SEALING SET, N98000467 / CHANCADORA CONICA METSO HP6			JG	SUMINISTROS	6132000001-	126942 - CHANCADORA CONICA SECUNDARIA HP6 N°04		2000.00		2000.00		2000.00		2000.00		2000.00		2000.00	USD 12,000.00
GEN	2017	2101152011-P2	Mannto Recepción y Chancado	SEAL, PART NUMBER: N53128502, SPARE PARTS FOR CONE CRUSHERS METSO HP6			UND	SUMINISTROS	6132000001-	126942 - CHANCADORA CONICA SECUNDARIA HP6 N°04		550.00		550.00		550.00		550.00		550.00		550.00	USD 3,300.00
GEN	2017	2101152011-P2	Mannto Recepción y Chancado	GLUE, N/P MM0379675. PARA CHANCADORA METSO HP6			UND	SUMINISTROS	6132000001-	126942 - CHANCADORA CONICA SECUNDARIA HP6 N°04		90.00		90.00		90.00		90.00		90.00		90.00	USD 540.00
GEN	2017	2101152011-P2	Mannto Recepción y Chancado	U-SEAL, N53129005 / CHANCADORA CONICA METSO HP6			UND	SUMINISTROS	6132000001-	126942 - CHANCADORA CONICA SECUNDARIA HP6 N°04		500.00		500.00		500.00		500.00		500.00		500.00	USD 3,000.00
GEN	2017	2101152011-P2	Mannto Recepción y Chancado	GLUE, PART NUMBER: N98000029, SPARE PARTS FOR CONE CRUSHERS METSO HP6.			UND	SUMINISTROS	6132000001-	126942 - CHANCADORA CONICA SECUNDARIA HP6 N°04		120.00		120.00		120.00		120.00		120.00		120.00	USD 720.00
GEN	2017	2101152011-P2	Mannto Recepción y Chancado	MANTLE M/C, N55309508 / CHANCADORA CONICA METSO HP6			UND	SUMINISTROS	6132000001-	126942 - CHANCADORA CONICA SECUNDARIA HP6 N°04				9000.00				9000.00				9000.00	USD 27,000.00
GEN	2017	2101152011-P2	Mannto Recepción y Chancado	BOWL LINER C, N55209502 / CHANCADORA CONICA METSO HP6			UND	SUMINISTROS	6132000001-	126942 - CHANCADORA CONICA SECUNDARIA HP6 N°04				8500.00				8500.00				8500.00	USD 25,500.00
GEN	2017	2101152011-P2	Mannto Recepción y Chancado	TORCH RING, N12080212 / CHANCADORA CONICA METSO HP6			UND	SUMINISTROS	6132000001-	126942 - CHANCADORA CONICA SECUNDARIA HP6 N°04				4000.00				4000.00				4000.00	USD 12,000.00
GEN	2017	2101152011-P2	Mannto Recepción y Chancado							126943- SERVICIOS PARA CHANCADORA SECUNDARIA HP6 N°4		12400.00		12400.00		12400.00		12400.00		12400.00		12400.00	USD 74,400.00
GEN	2017	2101152011-P2	Mannto Recepción y Chancado							126943- SERVICIOS PARA CHANCADORA SECUNDARIA HP6 N°4		2280.00		3200.00		2280.00		3200.00		2280.00		3200.00	USD 16,440.00
																							USD 196,500.00

Fuente: Elaboración propia

Anexo 8. Galería Fotográfica.

En lo que prosigue se presenta algunas imágenes que dan cuenta de la situación actual del área de chancado de la Planta de Concentración de Minerales de la Sociedad Minera El Brocal S.A.A.

La chancadora es el elemento principal en una planta de trituración y chancado. Tal es su importancia que recibe la denominación del proceso general.

Imagen 1. Chancadora secundaria en la Planta Concentradora de Plomo-Zinc de la Empresa Minera El Brocal S.A.A. (CHANCADORA SECUNDARIA CÓNICA HP6 METSO)

Fuente: Fotografiado propio.

El chancado es el proceso mediante el cual se disminuye el tamaño de las rocas mineralizadas triturándolas en equipos llamados chancadoras.

Imagen 2. Vista general de la Planta Concentradora de Plomo-Zinc de la Empresa Minera El Brocal S.A.A. CHANCADORA SECUNDARIA CÓNICA HP6 METSO

Fuente: Fotografiado propio.



El chancado es el proceso mediante el cual se disminuye el tamaño de las rocas mineralizadas triturándolas en equipos llamados chancadoras.

Imagen 3. Chancadora de rodillos de la Planta Concentradora de Plomo-Zinc de la Empresa Minera El Brocal S.A.A. (CHANCADORA SECUNDARIA HYBRID CR810/08-30 – SANDVIK)

Fuente: Fotografiado propio.

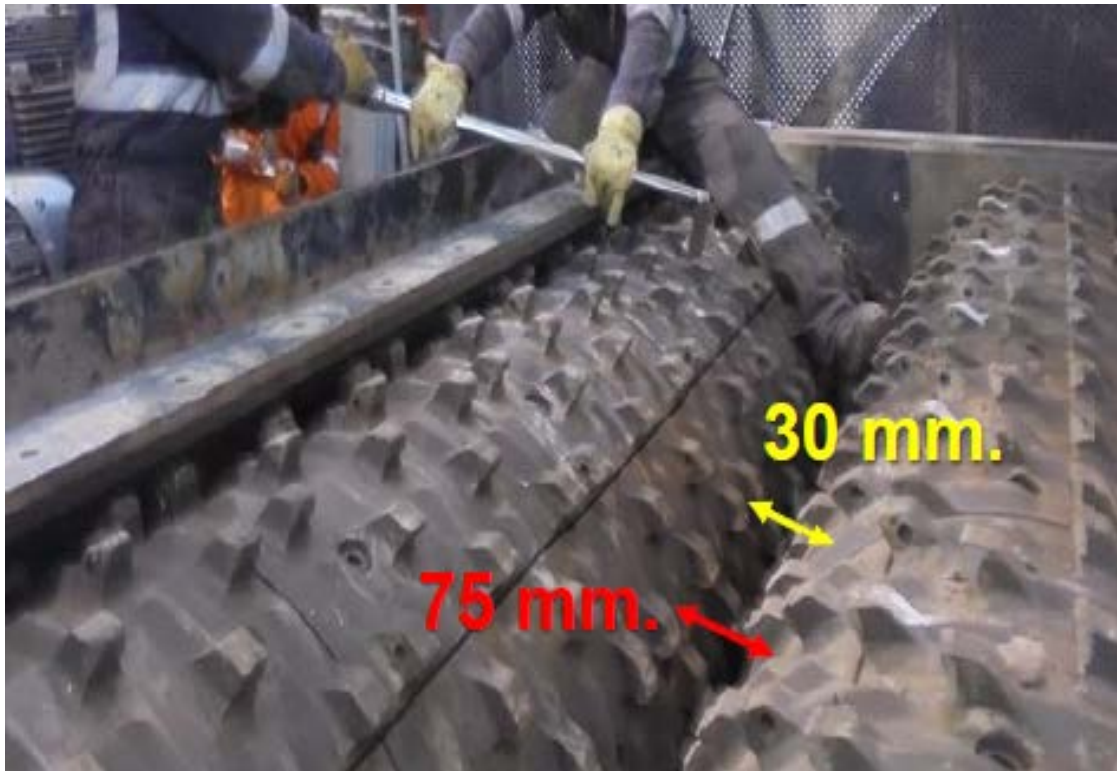


Imagen 4. Chancadora de rodillos de la Planta Concentradora de Plomo-Zinc de la Empresa Minera El Brocal S.A.A Picas de los segmentos – elementos de desgaste Minera El Brocal S.A.A. (CHANCADORA SECUNDARIA HYBRID CR810/08-30 – SANDVIK)

Fuente: Fotografiado propio.