

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL



**PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
EN EL PROCESO DE PRODUCCION DE UNA PLANTA
CHANCADORA DE PIEDRA PARA INCREMENTAR LA
UTILIDAD**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

AUTOR

OMAR ALEJANDRO CHAVEZ GAONA

ASESOR

Mgtr. CARLOS ALEXIS ALVARADO SILVA

Chiclayo, 2019

**PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO EN EL PROCESO DE PRODUCCION DE UNA
PLANTA CHANCADORA DE PIEDRA PARA INCREMENTAR
LA UTILIDAD**

PRESENTADA POR:

CHAVEZ GAONA, OMAR ALEJANDRO

A la Facultad de Ingeniería Industrial de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

APROBADA POR:

Mgr. Sánchez Pérez Joselito
PRESIDENTE

Mgr. Alvarado Silva Carlos
ASESOR

Mgr. Vera Lázaro Alejandro
SECRETARIO

DEDICATORIA

A Dios, ya que siempre está presente en mi vida, guiándome por el buen camino y dándome su bendición.

A mis padres, Ana Gaona y Jorge Chávez y a mi abuela Lucinda, ya que, con su apoyo incondicional, confianza y motivación estoy siendo capaz de formarme como un profesional.

A Luis, Hammer, Juan de Dios, y todas las grandes personas que estuvieron presente ayudándome a terminar mi tesis, motivándome siempre a seguir adelante.

A mi asesor, en un principio, el Ingeniero Manuel Albines y posteriormente el Ing. Carlos Alvarado, por su orientación y tiempo brindado en la elaboración de esta tesis. siendo parte fundamental de mi formación profesional.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la vida y la fortaleza para seguir adelante.

Gracias a mis padres y mi abuela, por su apoyo y confianza en mí a pesar de las adversidades.

De igual manera a todos los ingenieros de la Facultad de Ingeniería Industrial por brindarme todos sus conocimientos que me hicieron crecer día a día como profesional.

RESUMEN

La Planta Chancadora de Piedra es una empresa ubicada en el departamento de Lambayeque dedicada a la trituración y comercialización de piedra para obtener agregados de construcción. Actualmente, el área de mantenimiento viene siendo señalada debido a una importante cantidad de averías en sus equipos los cuales son atendidos a través de mantenimientos correctivos de emergencia, teniendo como consecuencia paradas de producción y por ende pérdidas de utilidad. El presente trabajo tiene como objetivo principal proponer un plan de mantenimiento preventivo en el proceso de producción de la Planta Chancadora de Piedra para incrementar la utilidad de la empresa.

Se diagnosticó que actualmente la planta chancadora de piedra trabaja mediante mantenimientos correctivos los cuales en el período estudiado generan un total de 131 fallas al año, equivalente a 679 horas de parada por falta de mantenimientos preventivos. Asimismo, los indicadores de mantenimiento muestran una Confiabilidad de 22 horas promedio hasta el fallo, una Mantenibilidad de 5 horas de tiempo promedio fuera de servicio y una Disponibilidad global del 81%. Debido a los métodos de trabajo actual en el mantenimiento, la planta chancadora de piedra obtuvo una utilidad no percibida de 846 073,039 soles la cual representa el 50,7% de la utilidad total.

Se determinó, en primer lugar, mediante la metodología de análisis de criticidad, los equipos críticos de la empresa, dando como resultado la chancadora de mandíbulas, chancadora Cónica PYZ y la Zaranda. Luego de identificar los equipos, se procedió a codificar sus componentes, elaborar su árbol de fallas, proponer su AMEF para culminar finalmente con la propuesta del plan de mantenimiento preventivo, apoyado junto a un cronograma de actividades y un plan de capacitación. Luego de la mejora, se aumentó la utilidad no percibida en 188 779,054 soles; el número de horas de parada se redujo en 224,7 horas, el MTTF a 59 horas promedio hasta el fallo, el MTTR a 4,3 horas promedio fuera de servicio y la disponibilidad en un 87%.

Se realizó el análisis de costo beneficio, del cual se obtuvo un VAN de 237 069,23 soles en un plazo de cinco años, un TIR de 54%, un período de recuperación de 1 año, 7 meses y 23 días y un indicador de beneficio costo de S/ 1.75, demostrando ser un proyecto muy rentable hacia la empresa.

PALABRAS CLAVE: Mantenimiento, plan de mantenimiento, planta chancadora de piedra, utilidad.

ABSTRACT

The Chancadora of Piedra Plant is a company located in the department of Lambayeque dedicated to the crushing and commercialization of stone to obtain construction aggregates. At present, the maintenance area is being signaled due to a significant number of breakdowns in its equipment which are attended through emergency corrective maintenance, resulting in production stops and therefore utility losses. The main objective of this work is to propose a preventive maintenance plan in the production process of the Stone Crusher Plant to increase the utility of the company.

It was diagnosed that the stone crushing plant is currently working through corrective maintenance, which during the period under study generates a total of 131 failures per year, equivalent to 679 hours of shutdown due to lack of preventive maintenance. Likewise, the maintenance indicators show a Reliability of 22 hours average until the failure, a Maintainability of 5 hours of average time out of service and a Global Availability of 81%. Due to the current work methods in maintenance, the stone crushing plant obtained an unperceived profit of 846,073,039 soles, which represents 50.7% of the total utility.

It was determined, first of all, by the criticality analysis methodology, the critical equipment of the company, resulting in the jaw crusher, PYZ conical crusher and the sieve. After identifying the equipment, we proceeded to codify its components, to prepare its fault tree, to propose its FMEA to finally culminate with the proposal of the preventive maintenance plan, supported along with a schedule of activities and training plan. After the improvement, the unrealized profit was increased by 139 139 soles, the number of stopping hours was reduced by 224,7 hours, the MTTF by 59 average hours until failure, the average 4,3 hour MTTR out of service and the availability in 87%.

The cost benefit analysis was performed, from which a NPV of 237 069,23 soles was obtained over a period of five years, an IRR of 54%, a recovery period of 1 year 7 months and 23 days and a cost benefit indicator of S / 1,75, proving to be a very profitable project towards the company.

KEYWORD: Maintenance, maintenance plan, stone crushing plant, utility.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	12
II. MARCO TEÓRICO.....	14
2.1 Antecedentes.....	14
2.2 Base teórico científicas	17
2.2.1 Agregados de piedra	17
2.2.2. Mantenimiento.....	17
2.2.3 Tipos de mantenimiento	18
2.2.4 Indicadores de mantenimiento.....	18
2.2.5 Árbol de falla.....	19
2.2.6. Diferencia entre fallas y avería.....	20
2.2.7. Análisis de criticidad	20
2.2.8 Metodología del AMEF.....	22
2.2.9. Codificación de equipos	25
2.2.10 Diagrama de Gantt.....	25
III. RESULTADOS	26
3.1 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA.....	26
3.1.1 La empresa.....	26
3.1.2 Productos	28
3.1.3 Proceso Productivo	29
A. Materia prima e insumos	29
B. Proceso de producción	29
3.1.4 Análisis del contexto operacional.....	32
A. Chancadora de mandíbulas	32
B. Chancadora cónica PYZ	32
C. Zaranda clasificadora	33
D. Vibrador.....	34
E. Tolva	34
F. Faja de ½ pulgada.....	35
G. Faja de ¾ de pulgada	35
H. Faja de arena	36
I. Faja principal.....	36
J. Faja pyz.....	37
K. Faja de retorno	37

L. Faja de gravilla.....	38
3.1.5 Análisis de la cantidad de fallas	38
3.1.6 Indicadores de mantenimiento.....	43
A. Confiabilidad o tiempo promedio operativo hasta el fallo	44
B. Mantenibilidad o MTTR.....	45
C. Disponibilidad operativa.....	45
3.1.7 Impacto económico.....	46
3.1.8 Resumen de indicadores	49
3.2 DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	50
3.2.1. Análisis de criticidad	50
3.2.2 Codificación de equipos críticos.....	52
3.2.3 Árbol de fallas	55
3.2.4 Análisis de modo y efectos de fallo.....	59
3.2.5 Plan de mantenimiento preventivo	62
3.2.7 Procedimientos de gestión de mantenimiento	68
3.2.8 Hojas de Ruta de Mantenimiento Preventivo	68
3.2.9 Capacitación de personal	68
3.2.10 Nuevos indicadores.....	74
3.3 Cuadro comparativo de indicadores	79
4. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO	80
4.1 Costos de mano de obra.....	81
4.2 Costos de capacitación.....	81
4.3 Costo beneficio	82
5. CONCLUSIONES.....	83
6. RECOMENDACIONES	83
IV. REFERENCIAS	84
V. ANEXOS	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Agregados de piedras	17
Figura 2. Estructura del árbol de fallas.....	19
Figura 3. Diagrama de Gantt	25
Figura 4. Operaciones en planta Chancadora de Piedra	26
Figura 5. Organigrama de la organización	27
Figura 6. Etapa de vibrado.....	29
Figura 7. Etapa de chancado primario	30
Figura 8. Etapa de zarandeado.....	30
Figura 9. Chancado cónico	31
Figura 10. Esquema de proceso de producción	31
Figura 12. Árbol de fallas de la chancadora de mandíbula.	56
Figura 13. Árbol de fallas de la Chancadora Cónica.....	57
Figura 14. Árbol de fallas de la Zaranda	58
Figura 15. Mandíbulas de la chancadora de mandíbula	101
Figura 16. Piedra de grandes dimensiones porque las mandíbulas están desgastadas.	102
Figura 17. Mandíbulas desgastadas	103
Figura 18. Referencia Chancadora de Mandíbula	105
Figura 19. Referencia zaranda	107
Figura 20. Flujograma P-M-MC.....	112
Figura 21. Flujograma procedimiento mantenimiento preventivo	119
Figura 22 Flujograma procedimiento gestión de almacén.....	125
Figura 23. Formato de solicitud de materiales	127
Figura 24. Formato de vale de salida de mercancías.....	128
Figura 25. Hoja de ruta para el Mantenimiento Preventivo de la Chancadora de Mandíbulas	130
Figura 26. Hoja de ruta para el Mantenimiento Preventivo de la Cónica PYZ.....	131

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Símbolos empleados en la representación del árbol de fallas.	20
Tabla 2. Criterios para la valoración del riesgo: Gravedad	23
Tabla 3. Criterios para valoración del riesgo. Ocurrencia.	23
Tabla 4. Criterios para la valoración del riesgo: Detección.	24
Tabla 5. Valores para la clasificación del NPR	24
Tabla 6. Productos	28
Tabla 7. Características de la Chancadora de Mandíbulas.	32
Tabla 8. Características técnicas de la Cónica PYZ	33
Tabla 9. Características de la Zaranda.	33
Tabla 10. Características del Vibrador.	34
Tabla 11. Características de la Tolva.....	34
Tabla 12. Características de la Faja de 1/2.	35
Tabla 13. Características de la Faja de 3/4.	35
Tabla 14. Característica de la Faja de arena.	36
Tabla 15. Características de la Faja principal.....	36
Tabla 16. Características de la Faja PYZ.	37
Tabla 17. Características de la Faja de retorno.....	37
Tabla 18. Características de la Faja de gravilla.	38
Tabla 19. Descripción de las fallas de la Chancadora Cónica PYZ	38
Tabla 20. Descripción de las fallas de Chancadora de Mandíbula	39
Tabla 21. Descripción de las fallas de la Zaranda	39
Tabla 22. Descripción de las fallas de la faja de 1/2	40
Tabla 23. Descripción de las fallas de la faja de 3/4	40
Tabla 24. Descripción de las fallas de la faja de arena.....	40
Tabla 25. Descripción de las fallas de la faja de gravilla.	41
Tabla 26. Descripción de las fallas de la faja de retorno.....	41
Tabla 27. Descripción de las fallas de la faja principal	41
Tabla 28. Descripción de las fallas de la faja PYZ.....	42
Tabla 29. Descripción de las fallas de la Tolva	42
Tabla 30. Descripción de las fallas del Vibrador.....	42
Tabla 31. Resumen del n° de fallas y su tiempo de paro.....	43
Tabla 32. Confiabilidad de cada equipo	44
Tabla 33. Mantenibilidad de cada equipo.....	45
Tabla 34. Caudal de productos	46
Tabla 35. Impacto económico de Mayo 2017 – Abril 2018.....	47
Tabla 36. Resumen de indicadores	49
Tabla 37. Resumen de Análisis de criticidad	50
Tabla 38. Código tipo de máquina.....	52
Tabla 39. Código tipo de componente chancadora de mandíbulas	53
Tabla 40. Código tipo de componente chancadora cónica PYZ.....	54
Tabla 41. Código tipo de componente zaranda	55
Tabla 42. AMEF Chancadora de Mandíbulas.	59
Tabla 43. AMEF Chancadora Cónica PYZ.....	60
Tabla 44. AMEF Zaranda.....	61
Tabla 45. Plan de Mantenimiento Preventivo de la Chancadora de Mandíbula.....	62
Tabla 46. Plan de Mantenimiento Preventivo de la Chancadora Cónica PYZ.....	63
Tabla 47. Plan de Mantenimiento Preventivo de la Zaranda.....	64

Tabla 48. Cronograma del Plan de Mantenimiento Preventivo Chancadora de Mandíbula 2019.....	65
Tabla 49. Cronograma del plan de Mantenimiento Preventivo Chancadora Cónica PYZ 2019	66
Tabla 50. Cronograma del plan de Mantenimiento Preventivo de la Zaranda 2019	67
Tabla 51. Ficha de capacitación para la sesión 1.....	69
Tabla 52. Ficha de capacitación de la sesión 2.....	70
Tabla 53. Ficha de capacitación de la sesión 3.....	71
Tabla 54. Ficha de capacitación de la sesión 4.....	72
Tabla 55. Ficha de capacitación de la sesión 5.....	73
Tabla 56. Horas de mantenimiento preventivo en parada de la Chancadora de mandíbula.	74
Tabla 57. Horas de mantenimiento preventivo en parada de la Chancadora Cónica PYZ.	75
Tabla 58. Horas de mantenimiento preventivo en parada de la Zaranda	76
Tabla 59. Reducción del tiempo de parada después de la propuesta.....	77
Tabla 60. Utilidad no percibida después de la mejora.....	79
Tabla 61. Resumen de indicadores	79
Tabla 62. Costo de repuestos de la Chancadora de Mandíbula.....	80
Tabla 63. Costo de repuestos de la Chancadora Cónica PYZ.....	80
Tabla 64. Costo de repuestos de la Zaranda	81
Tabla 65. Costo de mano de obra	81

I. INTRODUCCIÓN

El sector de la construcción a nivel mundial tiene una importancia que es indiscutible, debido en gran parte al efecto multiplicador con las demás industrias relacionadas, y con su capacidad de generar cada día nuevos puestos de trabajo. El comportamiento del sector es diverso entre los distintos países, sin embargo, en el mundo, se prevé que a lo largo de los próximos años la industria se fortalezca gracias a la inversión tanto en infraestructura como en programas sociales a favor de la vivienda.

En el caso peruano, el sector de la construcción es el más dinámico de su economía, pues sus actividades involucran a otras industrias relacionadas, es por ello, que muchas veces se asocia el crecimiento del sector con el desarrollo de la economía del Perú. Según la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO) [1]. El sector inmobiliario y construcción creció cerca del 7% en el año 2017, por lo que la industria de la piedra chancada es el principal insumo para las construcciones fue una de las grandes beneficiadas.

La empresa en estudio, la cual ha decidido reservarse el nombre, es una planta chancadora de agregados para construcción, que desde el año 2006, brinda sus servicios de fabricación y comercialización de agregados. Los productos en el que gira su negocio son la gravilla, piedra de $\frac{1}{2}$ chancada, piedra chancada de $\frac{3}{4}$, arena gruesa y afirmado fino; que vienen siendo distribuidos en el mercado de la región norte del Perú.

Para la producción la planta chancadora requiere de un total de 12 máquinas, entre las que se destacan la Chancadora de Mandíbulas, Chancadora Cónica PYZ, Zaranda, Vibrador, fajas de transporte de material y tolvas de almacenamiento. El principal problema de la planta es que esta presenta muchas averías en sus equipos los cuales son atendidos a través de mantenimientos correctivos, teniendo como consecuencia paradas de producción y pérdidas de utilidad. En cuanto a los indicadores de mantenimiento, la planta cuenta con una Disponibilidad de 81%, una Mantenibilidad de 5 horas, una Confiabilidad de 22 horas, 131 paradas a lo largo del año, equivalentes a 679 horas de parada. El problema se ve reflejado en el impacto económico contra la empresa el cual

asciende a S/ 677 131,93. Asimismo, se identificó la carencia de políticas, objetivos, identificación de procesos, procedimientos, instructivos y formatos.

Ante el problema mencionado, se plantea la siguiente interrogante:

¿Un plan de mantenimiento preventivo en el proceso de producción de planta chancadora de piedra, permitirá incrementar la utilidad?

Es por ello, que el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo general proponer un plan de mantenimiento preventivo en el proceso de producción de la planta chancadora para incrementar la utilidad. Como objetivos específicos, en primer lugar, se diagnosticó la situación actual de la planta chancadora de piedra en relación al mantenimiento de sus equipos; en segundo lugar, se propuso un plan de mantenimiento preventivo; finalmente, se realizó el análisis costo beneficio de la propuesta realizada.

El presentar un plan de mantenimiento preventivo hacia la empresa, permitirá alargar la vida útil de los equipos, prevenir la suspensión de las actividades laborales por contratiempos, establecer estándares y un orden en el flujo de información, personal y materiales. De esta manera, se planificarán periodos de paralización de trabajo en momentos específicos, para inspeccionar y realizar las acciones de mantenimiento del equipo, con lo que se minimizan las reparaciones de emergencia llamado mantenimiento correctivo. Estas mejoras y la base de un sistema que se tiene entre sus pilares la mejora continua, permitirán incrementar significativamente las utilidades de la empresa.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Anbulsevan et al. [2]. En su investigación publicada en el año 2014 y titulada en inglés "Optimization of productivity in agro industries using reliability centered maintenance", cuya traducción es "Optimización de la productividad en agroindustrias usando Mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM", nos comentan que el éxito en el sector de la agroindustria y ganado depende en gran medida del suministro continuo de alimentos nutritivos de buena calidad a precios competitivos. La alimentación por sí sola representa alrededor del 60-70 por ciento del costo total de producción de los productos pecuarios, por lo que una falla puede elevar el costo de mantenimiento y disminuir producción. Para implementar la técnica RCM, se incluyó un propietario y operador de la planta, así como un proveedor de servicios de mantenimiento un proveedor de servicios de monitoreo de condiciones y un proveedor de componentes de plantas de alimentación, así como investigadores académicos. Combinando los resultados de las estadísticas de fallas y consecuencias que se centró en un análisis de los subsistemas más críticos con respecto a las frecuencias de fallas y sus consecuencias: el molino de martillos, el molino de pellets, el sistema eléctrico y el sistema hidráulico. El estudio proporciona los fallos funcionales más relevantes, revela sus causas y mecanismos subyacentes e identifica medidas correctivas para prevenir el fracaso y el daño secundario crítico. El estudio constituye la base para el desarrollo de modelos cuantitativos para la selección y optimización de la estrategia de mantenimiento, pero también puede proporcionar retroalimentación de la experiencia de campo para la mejora del diseño de la planta de alimentación.

Islam H. [3] en su investigación "Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad: un estudio de caso" describe los pasos a seguir para lograr un plan de mantenimiento centrado en la fiabilidad en una planta de proceso de vapor. El objetivo principal del mantenimiento centrado en la fiabilidad es el mantenimiento rentable del valor inherente de confiabilidad de los componentes de la planta. Esta posee los siguientes equipos: una caldera del tubo del fuego, distribución del vapor, secador, bomba de agua de alimentación y calentador de proceso. En este contexto, se lleva a cabo un programa de mantenimiento de la planta basado en este concepto de mantenimiento centrado en la fiabilidad. La aplicación de la metodología de mantenimiento centrado en la confiabilidad

mostró que el tiempo principal entre fallas para los equipos de la planta y la probabilidad de fallos repentinos en el equipo disminuye. El programa de trabajo propuesto se lleva a cabo. Los resultados muestran que el costo de mano de obra disminuye de 295200 \$ / año a 220800 \$ / año (aproximadamente 25,8% del costo total de mano de obra) para la planificación de mantenimiento preventivo propuesta. Además, se investiga el tiempo de inactividad de los componentes de la planta. Los resultados propuestos de la planificación de PM indican un ahorro de aproximadamente el 80% del costo total de tiempo de inactividad comparado con el mantenimiento actual. Además, se generan los programas de repuestos propuestos para los componentes de la planta. Los resultados muestran que alrededor del 22.17% del costo anual de las piezas de repuesto se ahorra cuando se propone la planificación de mantenimiento preventivo otro mantenimiento corriente una vez. Basándose en estos resultados, debe aplicarse la aplicación del mantenimiento predictivo

Deepak y Jagathy [4]. En su investigación publicada en el año 2013 titulada "A New Model for Reliability Centered Maintenance in Petroleum Refineries", señalan que las refinerías operan sus equipos hoy por largos periodos sin parar. Esto se debe principalmente al aumento de las presiones del mercado, lo que resulta en intervalos de apagado a cierre. Esto plantea demandas extremas sobre la fiabilidad del equipo de la planta. Los métodos tradicionales de aseguramiento de la fiabilidad, tales como Mantenimiento Preventivo, Mantenimiento Predictivo y Mantenimiento Basado en Condiciones, son inadecuados para tales demandas. Los enfoques alternativos para mejorar la confiabilidad, adoptados en todo el mundo, son la implementación de programas de Análisis Causa Raíz de Falla y Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad. Sin embargo, las refinerías y las plantas de proceso tienen dificultades para adoptar esta metodología estándar de RCM, debido principalmente a la complejidad y la gran cantidad de análisis que deben realizarse, resultando en una implementación a largo plazo que requiere los servicios de un número de Personas. Esto resulta en una implementación restringida a unos pocos ordenadores o alternativamente, uno que no es estándar. El documento presenta los modelos actuales en uso, los requisitos básicos de un modelo RCM estándar, las alternativas al RCM clásico, las limitaciones del modelo existente, el RCM clásico y las alternativas disponibles para el RCM y luego presenta un RCM "acelerado".

Díaz [5] en su investigación publicada en el año 2012 titulada “Propuesta de un modelo para el análisis de criticidad en plantas de productos biológicos”, desarrolla un procedimiento para verificar la factibilidad de aplicar una metodología para realizar el análisis de criticidad que ayude a priorizar una atención especial para algunos de los equipos que conforman el proceso productivo de las plantas de bioproductos. El estudio busca mejorar la confiabilidad de los activos, de acuerdo a las actuales necesidades de la empresa. Para ello se determinaron indicadores con el fin de calcular la criticidad, una matriz y variables de rendimiento. Se aplicó la metodología de Ciliberti: Impacto productivo, Impacto ambiental, Impacto en la salud y seguridad personal, Severidad.

Como resultado se obtuvo una lista jerarquizada de los equipos, la cual fue validada por especialistas de vasta experiencia, entonces se demostró la factibilidad del método propuesto de Análisis de Criticidad para obtener una lista jerarquizada de sistemas en las plantas de productos biológicos que ayudara a priorizar esfuerzos y recurso hacia los equipos más críticos. Finalmente se identificaron 4 máquinas críticas de acuerdo a la matriz de criticidad vs complejidad, la cual fue validada por 13 especialistas multidisciplinarios.

Barrios y Ortiz [6] en su investigación del año 2012 titulada “El mantenimiento en el desarrollo de la gestión empresarial. Fundamentos teóricos” busca mejorar la ejecución del mantenimiento basado en la confiabilidad operacional de los equipos. para mejorar la productividad de la organización teniendo en cuenta el estado real de los equipos y su historial de averías mediante la implementación de la técnica de Mantenimiento Productivo Total (MPT), el cual persigue un mejoramiento continuo de la productividad de la empresa mediante la participación integral de todos los trabajadores con la técnica del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM).

Se concluye que la confiabilidad como método de análisis para determinar el nivel de operación y mantenimiento adecuado, debe realizarse basada en herramientas que permitan evaluar el comportamiento de los equipos y componentes de una forma ordenada a fin de asegurar a la empresa su integridad y continuidad operacional, estas herramientas en su mayoría se basan en cálculo de probabilísticos.

2.2 Base teórico científicas

2.2.1 Agregados de piedra

CEMEX [7] empresa dedicada a la fabricación de Cementos, define a un agregado como el mezclado de materias geológicas tales como la piedra, arena y grava, que se utilizan en todas las construcciones. Se pueden utilizar en su estado natural o triturarse y convertirse en fragmentos más pequeños.

Los agregados de la construcción son componentes derivados de la trituración natural o artificial de diversas piedras y pueden tener tamaños que van desde partículas casi invisibles hasta pedazos de piedra. Adhiriendo agua y el cemento, conforman el trío de ingredientes necesarios para la elaboración de concreto. En su mayoría estos son extraídos de canteras donde pasan por un proceso de selección y separación, el cual lo derivan en sus diversos tamaños y usos.



Figura 1. Agregados de piedras

Fuente: CEMEX

2.2.2. Mantenimiento

Parra [8]. El mantenimiento es el conjunto de actividades que deben realizarse a instalación y equipos, con el fin de corregir o prevenir fallas, buscando que estos continúen prestando el servicio para el cual fueron diseñados. El mantenimiento es la conservación de la maquinaria y equipo con el fin de maximizar su disponibilidad. La finalidad del mantenimiento es conseguir el máximo nivel de efectividad en el

funcionamiento del sistema productivo y de servicios con la menor contaminación del medio ambiente y mayor seguridad para el personal al menor costo posible.

2.2.3 Tipos de mantenimiento

Garrido [9] menciona cinco tipos de mantenimientos en toda industria, cuya función se puede ver resumida, en una palabra. Se nombran a continuación.

- Mantenimiento correctivo, cuya frase clave es corregir fallas.
- Mantenimiento preventivo, cuya frase clave es prevenir fallas.
- Mantenimiento predictivo, cuya frase clave es monitorear la condición del equipo.
- Mantenimiento proactivo, cuya frase clave es eliminar la causa raíz de la falla.
- Mantenimiento lucrativo, cuya frase clave es generar utilidades.

2.2.4 Indicadores de mantenimiento

Parra [8], menciona el conjunto de indicadores claves que deben ser considerados dentro del área de mantenimiento.

Tiempo promedio operativo hasta el fallo. MTTF. (Confiabilidad) Su unidad es en tiempo (horas, días, semanas, meses, etc). Es un indicador técnico que mide el tiempo promedio que es capaz de operar un equipo sin interrupciones, es el indicador básico de fiabilidad. Su fórmula es la siguiente:

$$MTTF = \frac{\text{Tiempo total de operacion por maquina}}{\text{Numero de fallas por maquina}} = \frac{\sum TTF}{n}$$

- **Tiempo promedio para reparar.** MTTR. (mantenibilidad). Es un parámetro de medición asociado a la mantenibilidad, es decir, a la ejecución del mantenimiento. La mantenibilidad, definida como la probabilidad de devolver el equipo a condiciones operativas en un cierto tiempo utilizando procedimientos prescritos. Su fórmula es la siguiente:

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total para restaurar por maquina}}{\text{Numero de fallas totales por maquina}} = \frac{\sum TTR}{n}$$

- **Disponibilidad.** D. Su unidad es en porcentaje. Es un indicador técnico que permite estimar en forma global el porcentaje de tiempo total que un equipo está en condiciones para cumplir su función requerida. suponiendo que se le suministran los medios exteriores para su operación (combustible, potencia, etc). Su fórmula es la siguiente:

$$D = \frac{\text{Horas operativas} - \text{horas inoperativas}}{\text{horas operativas}} \times 100$$

2.2.5 Árbol de falla

Cejalvo et. Al [10], define al árbol de fallas como una técnica deductiva que empieza por la búsqueda de un suceso o evento no deseado al cual se le denomina suceso TOP y que finaliza analizando los motivos del porqué ocurrió dicho suceso. El análisis se estructura mediante el árbol de fallos, el cual se forma de la combinación de varios sucesos básico que se encuentra ligados a fallos de componentes, errores humanos y operativos.

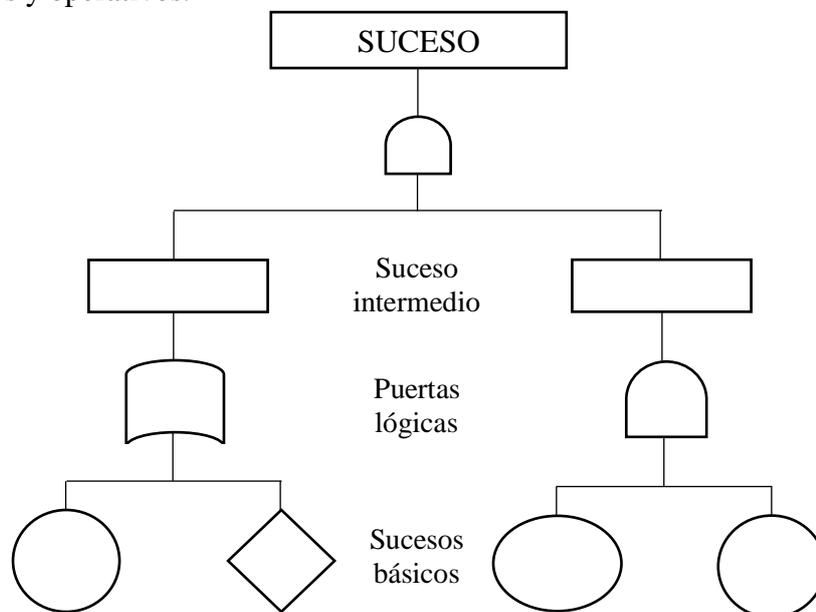
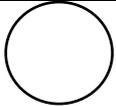
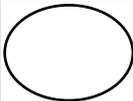
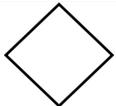
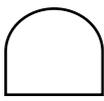
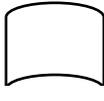
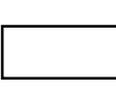


Figura 2. Estructura del árbol de fallas.

Fuente: Cejalvo y Piqué, 1999.

Con el fin de normalizar y universalizar la representación gráfica de los sucesos TOP y básicos, estos se deben entrelazar con conectores denominados puertas lógicas, los símbolos se representan en la tabla n° 1.

Tabla 1. Símbolos empleados en la representación del árbol de fallas.

Símbolo	Significado del símbolo
	Suceso básico: No requiere de un posterior desarrollo, se considera como fallo base.
	Óvalo: Símbolo que representa una situación especial que puede ocurrir solamente si ocurren ciertas circunstancias.
	Diamante: identifica un evento terminal sin desarrollar debido a una falta de información o significancia.
	Puerta Y: Representa una condición en la cual todos los eventos mostrados debajo de la puerta tienen que estar presentes para que ocurra el evento arriba de la puerta. El evento ocurrirá solamente si todos los eventos de entrada existen simultáneamente.
	Puerta O: Representa una situación en la cual cualquiera de los eventos mostrados debajo de la puerta llevarán al evento mostrado arriba de la puerta. El evento ocurrirá si solamente uno o cualquier combinación de los eventos de entrada ocurren.
	Rectángulo: Es el principal componente básico del árbol. Representa el suceso negativo, puede localizarse por todo el árbol para indicar otros eventos que pueden dividirse más. Este es el único símbolo que tendrá abajo una puerta lógica u evento de entrada.

Fuente: Cejalvo y Piqué, 1999.

2.2.6. Diferencia entre fallas y avería

Boero [11], avería es el estado de no funcionamiento de uno o algunos elementos del sistema. Hace referencia al incumplimiento de sus actividades bajo condiciones de funcionamiento establecidas.

Mientras que un fallo se define como el evento o transición de estado en el tiempo que pasa de buen a mal funcionamiento, es decir incorrecto funcionamiento del ítem. Dicha falla impide mantener su nivel productivo.

2.2.7. Análisis de criticidad

García [12], se refiere al análisis como una metodología que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones. El análisis de criticidad permite así mismo identificar las áreas sobre las cuales se tendrá una mayor atención del mantenimiento en función del proceso que se realiza.

La información recolectada en un estudio de criticidad puede ser usada para:

- Priorizar ordenes de trabajo de producción y mantenimiento.
- Dirigir las políticas de mantenimiento hacia las áreas o sistemas críticos.
- Definir necesidades de mantenimiento basado en condición.
- Priorizar proyecto de inversión.
- Diseñar políticas de mantenimiento.
- Seleccionar una política de manejo de repuestos y materiales.

Los pasos para la aplicación del análisis de criticidad son los siguientes:

- Identificar de los equipos a estudiar.
- Definición del alcance y objeto del estudio.
- Selección del personal a entrevistar.
- Informar al personal sobre la importancia del estudio.
- Recolección y verificación de datos.
- Establecimiento de la lista de jerarquizada de los equipos.

La condición ideal es disponer de información estadística de los equipos a evaluar que sea precisa, lo cual permite cálculos exactos y absolutos. Sin embargo, desde el punto de vista práctico cuando se dispone de una data histórica de excelente calidad, se debe recoger la información utilizando encuestas, teniendo en cuenta que el análisis de criticidad permite trabajar en rangos, es decir, establecer cuál sería la condición más favorable, como también la condición menos favorable para cada uno de los criterios a evaluar. La información requerida para el análisis de criticidad siempre está relacionada con la frecuencia, los efectos y consecuencias de las fallas, donde se destaca la seguridad y la seguridad y el respeto por el ambiente.

La criticidad se evalúa mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia de falla} \times \text{Consecuencia}$$

Donde:

$$\text{Consecuencia} = (\text{Impacto operacional} \times \text{flexibilidad operacional}) + \text{Costos de mantenimiento} + \text{impacto a seguridad ambiental e higiene}$$

2.2.8 Metodología del AMEF

Para Parra [9], el AMEF es la principal herramienta del RCM, que permite identificar los problemas antes de su ocurrencia. Es por ello que con la información que se recolecta es posible establecer los modos de fallas de los componentes de un equipo o sistema, el impacto y frecuencia con que se presentan. Las etapas de desarrollo del AMEF son:

- a) Identificar a los equipos y componente a evaluar.
- b) Definir las funciones de cada equipo, las funciones son el propósito de los activos en un contexto operacional.
- c) Determinar las fallas funcionales, se denomina como fallo funcional a la ocurrencia no previsible, haciendo que el activo no realice el funcionamiento esperado.
- d) Determinar los modos de fallas, son las causas físicas de las fallas funcionales.
- e) Determinar los efectos de falla, efectos que ocurren cuando se produce la falla, se evalúa como afecta a la seguridad humana, medio ambiente y producción.
- f) Calculo del número de prioridad de riesgo (NPR): es el producto de la valoración de la gravedad, ocurrencia y detección. Este valor se utiliza para ordenar los problemas de diseño o de proceso por orden de importancia.
- g) Determinar la acción recomendada a realizar, esta se deriva luego de haber encontrado la causa principal.
- h) Asignación de responsabilidades.
- i) Evaluación de los valores mejorados del NPR.

En cuanto a la evaluación del Numero de Prioridad del Riesgo (NPR), se debe realizar mediante la valoración de los criterios de Gravedad, Ocurrencia y Detección. Automotive Industry Action Group (AIAG) [13], establece los siguientes criterios para su valoración.

- **Índice de gravedad**

Su determinación abarca los criterios mostrados en la tabla 2, esta se centra en temas como la insatisfacción del cliente, el coste y tiempo de la reparación del perjuicio ocasionado.

Tabla 2. Criterios para la valoración del riesgo: Gravedad

Efecto	Criterio	Nivel
Peligroso sin aviso	La falla afecta la operación segura del equipo, puede poner en riesgo al operador, la falla ocurre sin previo aviso.	10
Peligroso con aviso	La falla afecta la operación segura del equipo, puede poner en riesgo al operador, la falla ocurre con previo aviso.	9
Muy alto	Puede ser que el 100% del producto se deseche. Paro de línea	8
Alto	Puede ser que una proporción de la corrida de producción se deseche. Desviación del proceso primario incluyendo un decremento en la velocidad de la línea o adicción de mano de obra.	7
Moderado	Puede ser que el 100% de la corrida de producción tenga que re trabajarse fuera de la línea y ser aceptada.	6
Bajo	Puede ser que una proporción de la corrida de producción tenga que re trabajarse fuera de la línea y ser aceptada.	5
Muy bajo	Puede ser que el 100% de la corrida de producción tenga que re trabajarse en la estación, antes de ser procesada.	4
Remoto	Puede ser que una proporción de la corrida de producción tenga que re trabajarse en la estación, antes de ser procesada.	3
Muy remota	Leve o ligera inconveniencia al proceso, operación u operador.	2
Ninguno	Sin efecto discernible.	1

Fuente: Automotive Industry Action Group (AIAG), 2008.

- **Índice de ocurrencia**

Hace referencia a la probabilidad de que ocurra una falla. Para reducirla es necesario mejorar los sistemas de control e impedir que se produzcan las causas del fallo. Los criterios se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Criterios para valoración del riesgo. Ocurrencia.

Efecto	Criterio	Nivel
Muy alta. Fallas muy repetitivas.	1 falla al mes.	5
Alta. Fallos repetitivas.	1 Falla entre 1 a 3 meses.	4
Moderada. Fallos ocasionales.	1 Falla entre 3 a 6 meses.	3
Baja. Pocos fallos.	1 Falla entre 6 meses a un año.	2
Muy baja. Muy pocos fallos.	1 Falla cada un año.	1

Fuente: Automotive Industry Action Group (AIAG), 2008.

- **Índice de detección**

Se refiere al grado de detección de la falla “antes de”. Para reducir este índice se puede incrementar o mejorar los sistemas de control de calidad o modificar el diseño. Los criterios se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. Criterios para la valoración del riesgo: Detección.

Probabilidad de detección	Criterio	Nivel
Casi imposible	Sin control de proceso actual. No puede detectarse.	10
Muy remota	La causa del modo de falla no es fácilmente detectada.	9
Remota	Detección del modo de falla posterior al procesamiento, por el operador por medios visuales/táctiles/audibles.	8
Muy baja	Detección del modo de falla en la estación por el operador a través de medios visuales/táctiles/audibles	7
Baja	Detección del modo de falla posterior al procesamiento, por el operador con el uso de controles de atributos (pasa/no pasa)	6
Moderada	Detección del modo de falla en la estación por el operador a través del uso de controles que notifiquen al operador (luz, timbre).	5
Moderadamente alta	Detección del modo de falla posterior al procesamiento por controles automáticos	4
Alta	Detección del modo de falla en la estación por controles automatizados.	3
Muy alta	Detección de las causas del fallo en la estación por controles automatizados que detectan el error y lo previenen.	2
Casi cierta	Prevención del as causa del fallo como resultado del diseño de un dispositivo, diseño de la maquina o diseño de la parte.	1

Fuente: Automotive Industry Action Group (AIAG), 2008.

Finalmente, el NPR se obtiene de:

$$NPR = GRAVEDAD \times OCURRECIA \times DETECCION$$

El valor obtenido se clasifica de acuerdo a las siguientes prioridades mostrada en la tabla 5:

Tabla 5. Valores para la clasificación del NPR

$NPR > 200$	Inaceptable (I)
$200 \geq NPR > 125$	Reducción deseable (R)
$125 \geq NPR$	Aceptable (A)

Fuente: Automotive Industry Action Group (AIAG), 2008

2.2.9. Codificación de equipos

Duffua [14]. La codificación significa en grandes rasgos dar a las máquinas y equipos una dirección donde ubicarlas y un nombre con el cual identificarlas. Permitiendo tener un control y conocimiento sobre información técnica, centros de costo, características generales, etc. De cada una de las máquinas, equipos y componentes emplazados en la empresa.

La clasificación que se propuso fue la siguiente:

ABC - COMP – 123

Donde:

ABC: Tipo de máquina.

COMP: Componente que pertenece al equipo.

123: Consecutivo

2.2.10 Diagrama de Gantt

Niebel y Freivalds [15] nos comenta que el diagrama de Gantt muestra anticipadamente de una manera simple las fechas de terminación de las diferentes actividades del proyecto en forma de barras graficadas con respecto al tiempo en el eje horizontal (figura 3). Los tiempos reales de terminación se muestran mediante el sombreado de barras adecuadamente. Si se dibuja una línea vertical en una fecha determinada, usted podrá determinar qué componentes del proyecto están retrasadas o adelantadas.

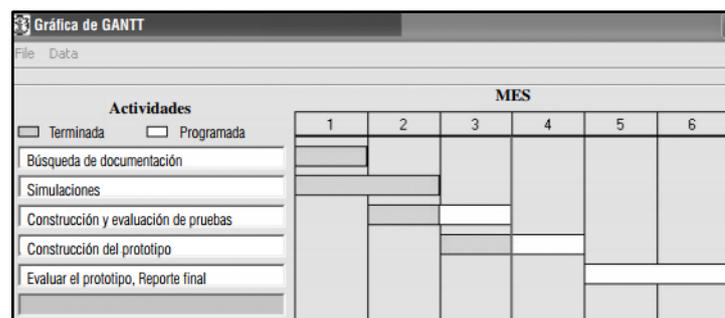


Figura 3. Diagrama de Gantt

III. RESULTADOS

3.1 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

En este capítulo, se realizó el diagnóstico general de la empresa, dando énfasis en el proceso productivo y la ocurrencia de averías en el mismo, analizando los puntos críticos que originan el fallo de los equipos junto a su implicancia económica.

3.1.1 La empresa

La Planta Chancadora de Piedra, cuya razón social se ha reservado por condiciones de la misma, es una planta industrial que se dedica a la trituración, producción y comercialización de agregados de piedra a partir de rocas de cantera para el sector construcción.

Desde el inicio de sus actividades, la planta chancadora ha tenido una gran aceptación en el mercado debido la calidad de sus productos y mejora en la producción. lo que le ha permitido crecer de manera exitosa. En la figura 4 se muestra la planta chancadora de piedra en funcionamiento.



Figura 4. Operaciones en planta Chancadora de Piedra

A. Estructura organizacional de la Planta Chancadora de Piedra

A continuación en la figura 5, se presenta el organigrama de la empresa, donde se puede observar los roles que cumplen cada trabajador.

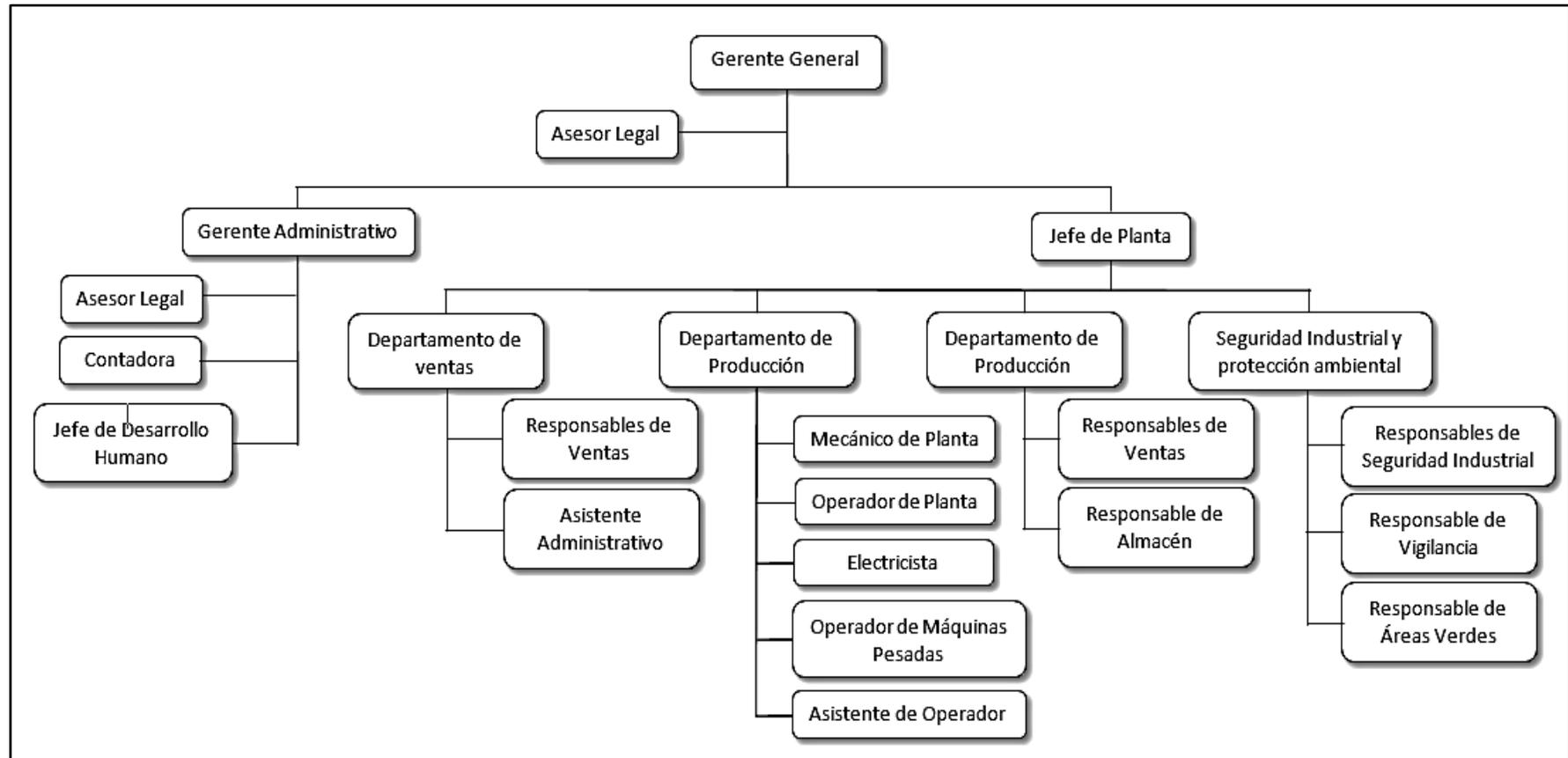


Figura 5. Organigrama de la organización

3.1.2 PRODUCTOS

Los principales productos que produce y comercializa la planta chancadora de piedra se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 6. Productos

Nombre	Descripción	Figura
Gravilla	Son partículas granulares de material pétreo de tamaño variable. Es el resultado de la trituración por tamaños y/o lavado en operaciones mecanizadas. Se emplean en calles, ciclo vías, aceras, estacionamientos y en la fabricación de cemento.	
Piedra Chancada $\frac{3}{4}$	Piedra triturada la cual es resultado de un zarandeado. Se usa para rellenar la base de las edificaciones.	
Arena Gruesa	Es el resultado de un zarandeado, son partículas que pueden llegar hasta un tamaño máximo de 5 mm. Se emplean junto con el cemento para asentar ladrillos y asfaltos.	
Piedra de $\frac{1}{2}$	Es el resultado de una trituración y posteriormente un zarandeado que se usa para llenar columnas.	
Afirmado Fino	Es una mezcla de tres tamaños o tipos de material: piedra, arena y arcilla. Sirve para compactar vías de transporte.	

3.1.3 Proceso Productivo

El proceso de producción de la planta chancadora de piedra es de tipo continuo, ya que debido a que es un flujo constante sin pausa y sin que se produzca ningún tipo de transición entre unas operaciones u otras.

A. Materia prima e insumos

La materia prima principal es la piedra o roca extraída de las canteras con las que cuenta la empresa.

Los insumos son principalmente agua, aceite, refrigerantes, entre otros; para partes específicas del proceso. La mayoría del trabajo lo realizan los equipos propios de planta por su gran capacidad de trituración.

B. Proceso de producción

El proceso productivo que realiza la planta chancadora es el siguiente:

- **Recepción en tolva:** El over es arrastrado a través de un cargador frontal hacia la tolva principal de la planta para luego caer por gravedad hacia el vibrador.
- **Vibrado:** Aquí el over baja al vibrador donde separa el afirmado fino que va directamente hacia el almacenamiento; la piedra de tamaño mayor a 8 cm va al chancador primario; y la piedra de tamaño menor a 8cm junto con la piedra procesada del chancador primario es llevada directamente a través de una faja principal hacia la zaranda.



Figura 6. Etapa de vibrado

- **Chancado primario:** La piedra de tamaño mayor de 8 cm ingresa al chancador primario y sale la piedra aproximadamente de 0,25 cm hasta 5 cm. esta piedra junto con la piedra menor de 8cm a través de una faja transportadora es llevado hacia la zaranda.



Figura 7. Etapa de chancado primario

- **Zarandeado:** La piedra ingresa a una zaranda donde es seleccionada mediante unas mallas según el tamaño de correspondiente de $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, gravilla, arena gruesa y piedra mayor de $\frac{3}{4}$, ésta última retorna al procesado por una faja transportadora hacia la chancadora tipo cono.



Figura 8. Etapa de zarandeado

- **Chancado cónico:** La piedra es chancada hasta tener un tamaño menor de $\frac{3}{4}$ y es llevada a través de una faja transportadora que retorna a la faja principal (alimento) y regresa a la zaranda seleccionadora. Todo el proceso de producción es un ciclo cerrado.



Figura 9. Chancado cónico

En la figura 10, se resume el proceso productivo de la Planta Chancadora de Piedra.

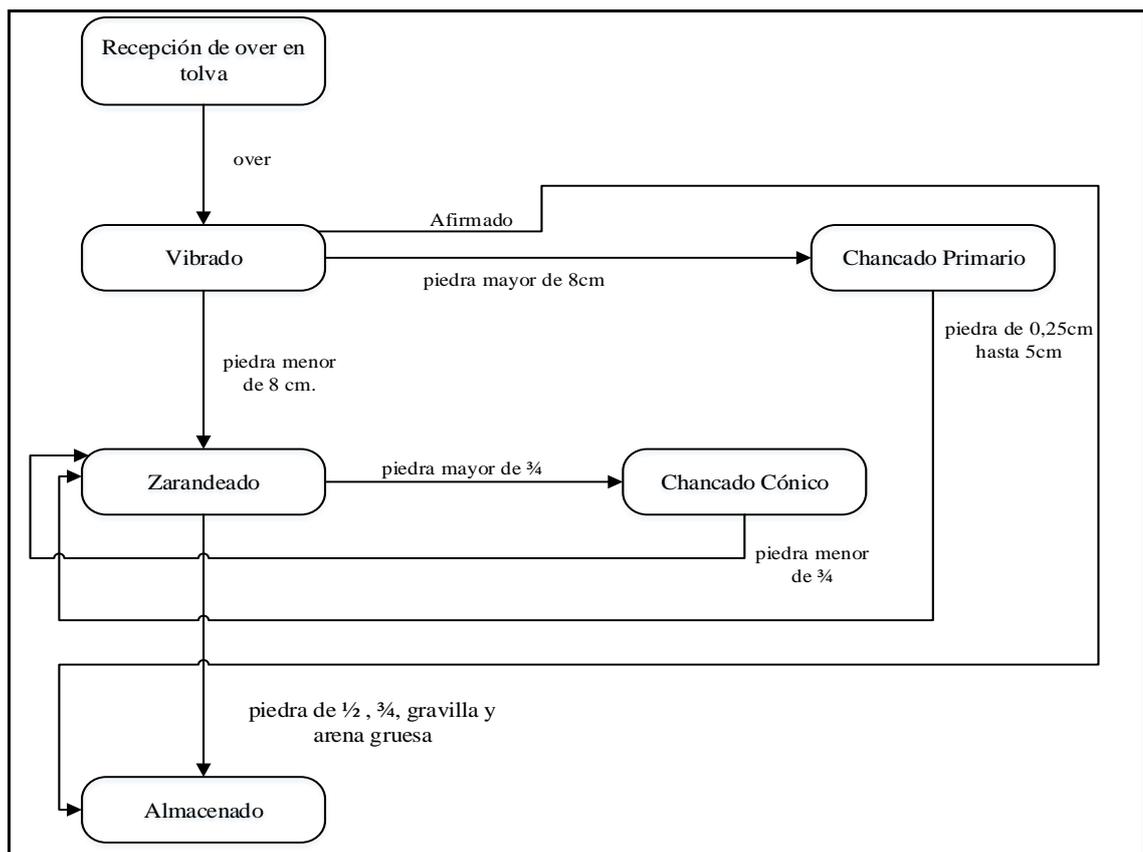


Figura 10. Esquema de proceso de producción

3.1.4 Análisis del contexto operacional

A continuación, se describe el contexto operacional conformado por los equipos de la planta.

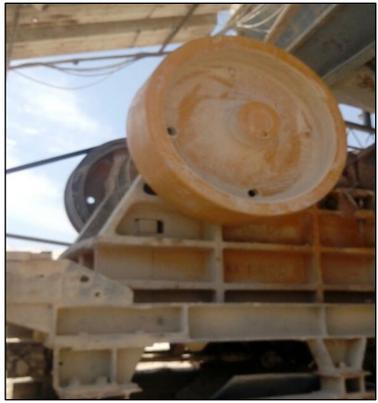
A. Chancadora de mandíbulas

- **Función:** Triturar la piedra de grandes dimensiones conocida en la planta como over.
- **Descripción de la operación:** La piedra de tamaño mayor de 8 cm ingresa al chancador primario y sale la piedra aproximadamente de 0,25 cm hasta 5 cm. esta piedra junto con la piedra menor de 8cm a través de una faja transportadora es llevado hacia la zaranda.

Características técnicas:

Tabla 7. Características de la Chancadora de Mandíbulas.

Chancadora de Mandíbulas	
Marca	Svedala
Año de fabricación	1996
Transmisión	Fajas
Motor	
Marca	Siemens
Voltaje	440 V
Amperaje	30/40 A
Potencia	100 hp
Frecuencia	50 Hz
RPM	290



Fuente: Planta chancadora de piedra.

B. Chancadora cónica PYZ

- **Función:** Triturar la piedra proveniente del primer chancado mencionada.
- **Descripción de la operación:** La piedra es chancada hasta tener un tamaño menor de $\frac{3}{4}$ y es llevada a través de una faja transportadora que retorna a la faja principal (alimento) y regresa a la zaranda seleccionadora. Todo el proceso de producción es un ciclo cerrado.

Características técnicas:

Tabla 8. Características técnicas de la Cónica PYZ

Chancadora Cónica PYZ	
Marca	Zenith
Año de fabricación	2010
Transmisión	Directa
Motor	
Marca	Siemens
Voltaje	440 V
Amperaje	100/200 A
Potencia	150 HP
Frecuencia	50 Hz
RPM	800



Fuente: Planta chancadora de piedra.

C. Zaranda clasificadora

- **Función:** Este equipo clasifica la piedra según sus dimensiones, consta de 4 mallas.
- **Descripción de la operación:** La piedra ingresa a una zaranda donde es seleccionada mediante unas mallas según el tamaño de correspondiente de $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, gravilla, arena gruesa y piedra mayor de $\frac{3}{4}$, ésta última retorna al procesado por una faja transportadora hacia la Chancadora Cónica PYZ para su posterior triturado.

Características técnicas:

Tabla 9. Características de la Zaranda.

Zaranda	
Marca	Sin marca
Año de fabricación	2011
Transmisión	Fajas
Motor	
Marca	Siemens
Voltaje	440 V
Amperaje	20 A
Potencia	50 HP
Frecuencia	25 Hz
RPM	1200



Fuente: Planta chancadora de piedra.

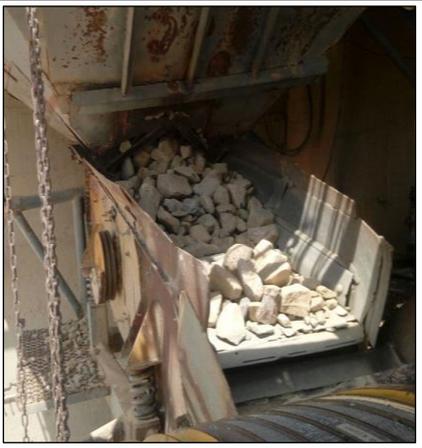
D. Vibrador

- **Función:** Separa impurezas y obtiene el afirmado.
- **Descripción de la operación:** El over baja al vibrador donde separa el afirmado fino que va directamente al almacenamiento; la piedra de tamaño mayor a 8 cm va al chancador primario; y la piedra de tamaño menor a 8cm junto con la piedra procesada del chancador primario es llevada directamente a través de una faja principal hacia la zaranda.

Características técnicas:

Tabla 10. Características del Vibrador.

Vibrador	
Marca	Sin marca
Año de fabricación	2011
Transmisión	Fajas
Motor	
Marca	Siemens
Voltaje	440 V
Amperaje	20 A
Potencia	25 HP
Frecuencia	50 Hz
RPM	1700



Fuente: Planta chancadora de piedra.

E. Tolva

- **Función:** Almacenar el over antes de ser procesado.
- **Descripción de la operación:** El over es arrastrado a través de un cargador frontal hacia la tolva principal de la planta para luego caer por gravedad hacia el vibrador.

Características técnicas:

Tabla 11. Características de la Tolva

Tolva	
Marca	No tiene
Año de fabricación	2002



Fuente: Planta chancadora de piedra.

F. Faja de 1/2 pulgada

- **Función:** Transportar la piedra procesada.

Características técnicas:

Tabla 12. Características de la Faja de 1/2.

Faja de 1/2	
Marca	Sin marca
Año de fabricación	2006
Transmisión	Faja
Motor	
Marca	Siemens
Voltaje	440 V
Amperaje	4
Potencia	5 HP
Frecuencia	50 Hz
RPM	90



Fuente: Planta chancadora de piedra.

G. Faja de 3/4 de pulgada

- **Función:** Transporta la piedra procesada de 3/4.

Características técnicas:

Tabla 13. Características de la Faja de 3/4.

Faja de 3/4	
Marca	Sin marca
Año de fabricación	2006
Transmisión	Faja
Motor	
Marca	Siemens
Voltaje	440 V
Amperaje	4
Potencia	5 HP
Frecuencia	50 Hz
RPM	90



Fuente: Planta chancadora de piedra.

H. Faja de arena

- **Función:** Transportar la arena hacia su almacenamiento.

Características técnicas:

Tabla 14. Característica de la Faja de arena.

Faja de arena	
Marca	Sin marca
Año de fabricación	2006
Transmisión	Faja
Motor	
Marca	Siemens
Voltaje	440 V
Amperaje	4
Potencia	5 HP
Frecuencia	50 Hz
RPM	90



Fuente: Planta chancadora de piedra

I. Faja principal

- **Función:** Transporte hacia la Conica PYZ

Características técnicas:

Tabla 15. Características de la Faja principal

Faja principal	
Marca	Sin marca
Año de fabricación	2006
Transmisión	Faja
Motor	
Marca	Siemens
Voltaje	440 V
Amperaje	4
Potencia	5 HP
Frecuencia	50 Hz
RPM	90



Fuente: Planta chancadora de piedra

J. Faja pyz

- **Función:** Alimenta la Chancadora Conica PYZ.

Características técnicas:

Tabla 16. Características de la Faja PYZ.

Faja PYZ	
Marca	Sin marca
Año de fabricacion	2006
Transmision	Faja
Motor	
Marca	Siemens
Voltaje	440 V
Amperaje	4
Potencia	5 HP
Frecuencia	50 Hz
RPM	90



Fuente: Planta chancadora de piedra

K. Faja de retorno

- **Función:** Retornar la piedra hacia la zaranda para su posterior reproceso.

Características técnicas:

Tabla 17. Características de la Faja de retorno.

Faja de retorno	
Marca	Sin marca
Año de fabricación	2006
Transmisión	Faja
Motor	
Marca	Siemens
Voltaje	440 V
Amperaje	4
Potencia	5 HP
Frecuencia	50 Hz
RPM	90



Fuente: Planta chancadora de piedra

L. Faja de gravilla

- **Función:** Transporta la gravilla hacia la zona de almacenamiento.

Características técnicas:

Tabla 18. Características de la Faja de gravilla.

Faja de gravilla	
Marca	Sin marca
Año de fabricación	2006
Transmisión	Faja
Motor	
Marca	Siemens
Voltaje	440 V
Amperaje	4
Potencia	5 HP
Frecuencia	50 Hz
RPM	90



Fuente: Planta chancadora de piedra

3.1.5 Análisis de la cantidad de fallas

La matriz de donde se partió para realizar esta investigación se encuentra en el anexo 1, la cual se clasificó por tipo de máquina en el proceso de producción de agregados de piedra. Esto se obtuvo de un registro de incidencias que presenta el área de producción y trabajos realizados por el área de mantenimiento. Los datos son tomados desde Abril del 2017 hasta Mayo 2018.

Tabla 19. Descripción de las fallas de la Chancadora Cónica PYZ

Equipo	Descripción de falla	Nº de fallas	Tiempo de paro en horas
Chancadora Cónica PYZ	Deformación del filtro	3	12
	Falta de excentricidad	4	16
	Eje de transmisión no gira	1	3
	Impacto y vibraciones	8	63
	Desgaste por juego de engranes	8	37
Total		24	131

Fuente: Planta Chancadora de Piedra

La chancadora cónica PYZ tuvo en el período estudiado un total de 24 fallas que representaron 131 horas de parada, dentro de las cuales las principales fallas en orden

consecutivo fueron fallas por impacto y vibraciones; fallas por desgaste por juego de engranes, fallas por falta de excentricidad, fallas por deformación de filtro y falla por eje de transmisión que no gira.

Tabla 20. Descripción de las fallas de Chancadora de Mandíbula

Equipo	Descripción de falla	N° de fallas	Tiempo de paro en horas
Chancadora de Mandíbula	Cuña de sale del asiento	3	23
	Mandíbula desalineada	7	44
	Material obstruido en descarga	7	48
	Polea desalineada	5	18
	Resorte desalineado	5	27
Total		27	160

Fuente: Planta Chancadora de Piedra

La chancadora de mandíbulas tuvo en el período estudiado un total de 27 fallas que representaron 160 horas de parada, dentro de las cuales las principales fallas en orden consecutivo fueron fallas por material obstruido en descarga, falla por mandíbula desalineada, fallas por resorte desalineado, fallas por cuña que se sale del asiento y fallas por polea desalineada.

Tabla 21. Descripción de las fallas de la Zaranda

Equipo	Descripción de falla	N° de fallas	Tiempo de paro en horas
Zaranda	Acumulación del material	5	28
	Clasificación inadecuada	13	53
	Exceso de tierra húmeda	10	42
Total		28	123

Fuente: Planta Chancadora de Piedra

La zaranda tuvo en el período estudiado un total de 28 fallas que representaron 123 horas de parada, dentro de las cuales las principales fallas en orden consecutivo fueron fallas por clasificación inadecuada, falla por exceso de tierra húmeda y falla por acumulación del material.

Tabla 22. Descripción de las fallas de la faja de 1/2

Equipo	Descripción de falla	N° de fallas	Tiempo de paro en horas
Faja de 1/2	Obstrucción de faja	1	5
	Parada de motor	1	2
	Ruptura de cinta	2	7
Total		4	14

Fuente: Planta Chancadora de Piedra

La faja de 1/2 tuvo en el período estudiado un total de 4 fallas que representaron 14 horas de parada, dentro de las cuales las principales fallas en orden consecutivo fueron fallas por ruptura de cinta, fallas por obstrucción de faja y fallas por parada de motor.

Tabla 23. Descripción de las fallas de la faja de 3/4

Equipo	Descripción de falla	N° de fallas	Tiempo de paro en horas
Faja de 3/4	Obstrucción de faja	1	2
	Rotura de cinta	1	8
	Parada de motor	2	15
Total		4	25

Fuente: Planta Chancadora de Piedra

La faja de 3/4 tuvo en el período estudiado un total de 4 fallas que representaron 25 horas de parada, dentro de las cuales las principales fallas en orden consecutivo fueron fallas por daño en el motor, fallas por rotura de cinta y fallas por obstrucción de faja.

Tabla 24. Descripción de las fallas de la faja de arena

Equipo	Descripción de falla	N° de fallas	Tiempo de paro en horas
Faja de arena	Obstrucción de faja	1	3
	Parada de motor	1	3
	Rutura de cinta	1	4
Total		3	10

Fuente: Planta Chancadora de Piedra

La faja de arena tuvo en el período estudiado un total de 3 fallas que representaron 10 horas de parada, dentro de las cuales las principales fallas en orden consecutivo fueron fallas por rotura de cinta, fallas por daño en motor rotura de cinta y fallas por obstrucción de faja.

Tabla 25. Descripción de las fallas de la faja de gravilla.

Equipo	Descripción de falla	N° de fallas	Tiempo de paro en horas
Faja de gravilla	Destensamiento de la cinta	2	7
	Polines desgastados	1	4
	Rotura de cinta	3	9
Total		6	20

Fuente: Planta Chancadora de Piedra

La faja de gravilla tuvo en el período estudiado un total de 6 fallas que representaron 20 horas de parada, dentro de las cuales las principales fallas en orden consecutivo fueron fallas por rotura de cinta, fallas por destensamiento de la cinta y fallas por polines desgastados.

Tabla 26. Descripción de las fallas de la faja de retorno

Equipo	Descripción de falla	N° de fallas	Tiempo de paro en horas
Faja retorno	Polines desgastados	1	4
	Obstrucción de faja	1	4
Total		2	8

Fuente: Planta Chancadora de Piedra

La faja de retorno tuvo en el período estudiado un total de 2 fallas que representaron 8 horas de parada, dentro de las cuales las principales fallas en orden consecutivo fueron fallas por obstrucción de faja y fallas por polines desgastados.

Tabla 27. Descripción de las fallas de la faja principal

Equipo	Descripción de falla	N° de fallas	Tiempo de paro en horas
Faja principal	Obstrucción de faja	1	6
	Parada de motor	2	6
	Destensamiento de la cinta	1	5
	Falta de lubricación en los rodamientos	1	4
	Polines desgastados	1	4
	Rotura de cinta	2	9
Total		8	34

Fuente: Planta Chancadora de Piedra

La faja principal tuvo en el período estudiado un total de 8 fallas que representaron 34 horas de parada, dentro de las cuales las principales fallas en orden consecutivo fueron fallas por rotura de cinta, obstrucción de faja, parada de motor, por

destensamiento de cinta, falta de lubricacion en los rodamientos, falla por polines desgastados y rotura de cinta.

Tabla 28. Descripción de las fallas de la faja PYZ

Equipo	Descripcion de falla	N° de fallas	Tiempo de paro en horas
Faja PYZ	Falta de lubricacion en los rodamientos	1	3
	Rotura de cinta	2	12
	Destensamiento de cinta	1	4
Total		4	19

Fuente: Planta Chancadora de Piedra

La faja PYZ tuvo en el período estudiado un total de 4 fallas que representaron 19 horas de parada, dentro de las cuales las principales fallas en orden consecutivo fueron fallas por rotura de cinta, por destensamiento de cinta y por falta de lubricacion en los rodamientos.

Tabla 29. Descripción de las fallas de la Tolva

Equipo	Descripción de falla	N° de fallas	Tiempo de paro en horas
Tolva	Obstrucción del material	6	41
	Ruptura de tolva	3	17
Total		9	58

Fuente: Planta Chancadora de Piedra

Las tolvas tuvieron en el período estudiado un total de 9 fallas que representaron 58 horas de parada, dentro de las cuales las principales fallas en orden consecutivo fueron fallas por ruptura de la tolva y fallas por obstrucción del material.

Tabla 30. Descripción de las fallas del Vibrador.

Equipo	Descripción de falla	N° de fallas	Tiempo de paro en horas
Vibrador	Parada de motor	6	46
	Desgaste de malla	4	22
	Ruptura de pernos	2	9
Total		12	77

Fuente: Planta Chancadora de Piedra

El vibrado tuvo en el período estudiado un total de 12 fallas que representaron 77 horas de parada, dentro de las cuales las principales fallas en orden consecutivo fueron fallas por parada de motor, por desgaste de mallas y por ruptura de pernos.

Finalmente, se consolida el número de fallas por máquina y el tiempo total de reparación en base a los datos recogidos.

Tabla 31. Resumen del n° de fallas y su tiempo de paro

Equipo	N° de fallas	Tiempo de paro en horas
Chancadora Cónica PYZ	24	131
Chancadora de Mandibula	27	160
Zaranda	28	123
Faja de ½	4	14
Faja de 3/4	4	25
Faja de arena	3	10
Faja de gravilla	6	20
Faja de retorno	2	8
Faja principal	8	34
Faja PYZ	4	19
Tolva	9	58
Vibrador	12	77

Fuente: Planta Chancadora de Piedra

3.1.6 Indicadores de mantenimiento

Los indicadores de mantenimiento permiten evaluar el comportamiento operacional de los equipos para de esta manera implementar un plan de mantenimiento.

Para ello el autor considero los siguientes indicadores:

- Indicador de confiabilidad: Tiempo promedio operativo hasta el fallo (MTTF)
- Indicador de mantenibilidad: Tiempo promedio de reparación (MTTR)
- Indicador de disponibilidad: Disponibilidad operativa (D)

A. Confiabilidad o tiempo promedio operativo hasta el fallo

Se analizó la Confiabilidad o mttf en la tabla 32.

Tabla 32. Confiabilidad de cada equipo

Equipo	Tiempo total de producción al año	Tiempo total de inactividad	N° fallas	MTTF
Chancadora Cónica PYZ	3536	131	24	142
Chancadora de Mandíbula		160	27	125
Zaranda		123	28	122
Faja de ½		14	4	881
Faja de ¾		25	4	878
Faja de arena		10	3	1175
Faja de gravilla		20	6	586
Faja de retorno		8	2	1764
Faja principal		34	8	438
Faja PYZ		19	4	879
Tolva		58	9	386
Vibrador		77	12	288
Total		3536	679	131

Fuente: Planta Chancadora de piedra.

Se consideraron un total de 3536 horas anuales, esto debido a que la empresa trabaja 68 horas promedio semanales, durante un período de 52 semanas.

Se obtuvo como resultado que se produjo una avería cada 22 horas.

A manera general, se tiene

$$MTTF = \frac{\text{Tiempo total de operacion por maquina}}{\text{Numero de fallas por maquina}} = \frac{3536 - 679}{131}$$

$$MTTF = 21,8 h = 22 h$$

B. Mantenibilidad o MTTR

Se analizó el MTTR o Mantenibilidad por equipo en la tabla 33.

Tabla 33. Mantenibilidad de cada equipo

Equipo	N° fallas	Tiempo total de inactividad	MTTR
Chancadora Cónica PYZ	24	131	5
Chancadora de Mandíbula	27	160	6
Zaranda	28	123	4
Faja de 1/2	4	14	4
Faja de 3/4	4	25	6
Faja de arena	3	10	3
Faja de gravilla	6	20	3
Faja de retorno	2	8	4
Faja principal	8	34	4
Faja PYZ	4	19	5
Tolva	9	58	6
Vibrador	12	77	6
Total	131	679	5

Fuente: Planta Chancadora de piedra.

A manera general, se obtuvo un MTTR global de 5 horas, lo cual significa que este tiempo fue el empleado en promedio para la reparación de averías; para su cálculo se consideró el tiempo total en reparar y el número de averías ocurridas.

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total para restaurar por maquina}}{\text{Numero de fallas totales por maquina}} = \frac{679}{131}$$

$$MTTR = 5 h$$

C. Disponibilidad operativa

Se procedió a realizar el cálculo en base a la data obtenida y analizada.

$$\text{Disponibilidad operativa} = \frac{\text{horas operativas} - \text{horas inoperativas}}{\text{horas operativas}} * 100$$

$$\text{Disponibilidad operativa} = \frac{3536 - 679}{3536} * 100$$

$$\text{Disponibilidad operativa} = 81\%$$

Se obtuvo que la disponibilidad de la planta se encuentra en un 81%, teniendo como valor máximo 100%, lo cual representa que la planta en general brinda una oportunidad para su mejora.

3.1.7 Impacto económico

En la tabla 34 se muestra la medición de los productos procesados hechos por el investigador, con el fin de determinar la utilidad no percibida. El primer paso fue calcular en cuantos segundos se debe llenar un balde, transformar los segundos a horas, transformarlo a m³ (1 balde = 0,0246 m³), convertirlo finalmente a mes considerando 272 horas.

Tabla 34. Caudal de productos

Producto	Balde	Tiempo de llenado (s)	Caudal (m³/h)	Mes (m³)(272 h)
Arena gruesa	1	5	17,71	4 817,66
Gravilla	1	4	22,14	6 002,08
Piedra de 1/2	1	1	88,56	24 088,32
Piedra de 3/4	1	3	29,52	8 029,44
Afirmado	1	88	1,006	273, 73
Total			158,836	43 211,23

Fuente: Planta Chancadora de piedra.

El siguiente paso fue calcular el impacto económico que representan las horas paradas totales, esta se muestra en la tabla 35.

Tabla 35. Impacto económico de Mayo 2017 – Abril 2018.

Equipo	N° de fallas totales	Horas paradas totales	Caudal total (m ³ /h)	Utilidad promedio (S/ /m ³)	Impacto económico (S/ /año)
Chancadora Cónica PYZ	24	131	158,936	7,84	163 233,629
Chancadora de mandíbulas	27	160			199 369,318
Zaranda	28	123			153 265,163
Faja de ½	4	14			17 444,815
Faja de 3/4	4	25			31 151,456
Faja de Arena	3	10			12 460,582
Faja de Gravilla	6	20			24 921,164
Faja de Retorno	2	8			9 968,465
Faja Principal	8	34			42 365,480
Faja PYZ	4	19			23 675,106
Tolva	9	58			72 271,377
Vibrador	12	77			95 946,484
Total					846 073,039

Fuente: Planta Chancadora de piedra.

El caudal fue trabajado por el investigador; el cual es un promedio de una semana de evaluación con 3 muestras diarias. Revisar anexo 2.

En la tabla 36 se muestran los productos con su precio de venta y la utilidad que genera cada uno de ellos. Hay que resaltar que el porcentaje de la utilidad fue brindada por el gerente de la empresa.

Tabla 36. Productos, precio de venta y utilidad

Productos	Precio de venta por m ³	Utilidad 70%
Gravilla	S/15,00	S/10,50
Arena gruesa	S/12,00	S/8,40
Piedra chancada de 1/2	S/50,00	S/35,00
Piedra chancada de 3/4	S/48,00	S/33,60
Afirmado fino	S/7,00	S/4,90

Fuente: Planta Chancadora de piedra.

A continuacion se muestra en la tabla 37 la cantidad de producto vendido (m³) vendidos en el periodo Mayo 2017- Abril 2018.

Tabla 37. Cantidad de producto vendido

Mes	Productos				
	Gravilla	Arena gruesa	Piedra chancada de 1/2	Piedra chancada de 3/4	Afirmado fino
Mayo	837	2314	2405	1474	680
Junio	710	670	2435	1486	744
Julio	469	728	793	1010	1968
Agosto	482	1852	2221	1143	2025
Setiembre	580	1589	2616	1196	2272
Octubre	350	2278	1247	695	655
Noviembre	352	353	3737	1418	1072
Diciembre	279	561	1486	1001	1972
Enero	301	1114	2979	833	878
Febrero	963	661	1057	1127	1858
Marzo	763	1299	1691	810	1850
Abril	922	2357	3708	1330	1003

Fuente: Planta Chancadora de piedra.

Con la informacion detallada del precio de venta, la cantidad de producto vendido y la utilidad, se procedio hacer el calculo de la utilidad que percibe la empresa. El cual se muestra la tabla 38.

Tabla 38. Utilidad percibida en el periodo Mayo 2017- Abril 2018

Mes	Producto				
	Gravilla	Arena gruesa	Piedra de chancada de 1/2	Piedra chancada de 3/4	Afirmado fino
Mayo	S/8 788,50	S/19 437,60	S/84 175,00	S/49 526,40	S/3 332,00
Junio	S/7 455,00	S/5 628,00	S/85 225,00	S/49 929,60	S/3 645,60
Julio	S/4 924,50	S/6 115,20	S/27 755,00	S/33 936,00	S/9 643,20
Agosto	S/5 061,00	S/15 556,80	S/77 735,00	S/38 404,80	S/9 922,50
Setiembre	S/6 090,00	S/13 347,60	S/91 560,00	S/40 185,60	S/11 132,80
Octubre	S/3 675,00	S/19 135,20	S/43 645,00	S/23 352,00	S/3 209,50
Noviembre	S/3 696,00	S/2 965,20	S/130 795,00	S/47 644,80	S/5 252,80
Diciembre	S/2 929,50	S/4 712,40	S/52 010,00	S/33 633,60	S/9 662,80
Enero	S/3 160,50	S/9 357,60	S/104 265,00	S/27 988,80	S/4 302,20
Febrero	S/10 111,50	S/5 552,40	S/36 995,00	S/37 867,20	S/9 104,20
Marzo	S/8 011,50	S/10 911,60	S/59 185,00	S/27 216,00	S/9 065,00
Abril	S/9 681,00	S/19 798,80	S/129 780,00	S/44 688,00	S/4 914,70
SUBTOTAL	S/73 584,00	S/132 518,40	S/923 125,00	S/454 372,80	S/83 187,30
TOTAL	S/1 666 787,50				

En resumen la utilidad total es de 1 666 787,50 soles y la utilidad que dejan de percibir es de 846 073,04; la cual disminuiría al no existir paradas no programadas por falta de mantenimiento. Esta representa un 50,7% de la utilidad total.

3.1.8 Resumen de indicadores

Tabla 39. Resumen de indicadores

Descripción	Indicador
Confiabilidad	22 horas hasta que ocurra el fallo.
Mantenibilidad	5 horas promedio fuera de servicio
Disponibilidad	81%
Número de fallas al año	131
Tiempo total de inactividad anuales – horas de parada	679
Utilidad no percibida anual	S/ 846 073,039

Fuente: Planta Chancadora de piedra.

3.2 DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

3.2.1. Análisis de criticidad

En la presente investigación se considera el análisis de criticidad debido a las características y condiciones de la planta según García [12]. A continuación, se presenta el análisis de criticidad para identificar y establecer la jerarquía de los activos físicos, en función de su impacto e importancia, esto quiere decir, identificar los equipos con el fin de facilitar la toma de decisiones y poder realizar el análisis AMEF. Revisar Anexo 3 el cual fue una encuesta aplicada a los colaboradores de la planta chancadora de piedra.

$$\text{Criticidad total} = \text{Frecuencia de falla} \times \text{Consecuencia}$$

$$\text{Consecuencia} = (\text{Impacto a la producción} \times \text{flexibilidad operacional}) + \text{Costo mantenimiento} + \text{Impacto SMH}$$

Tabla 40. Resumen de Análisis de criticidad

PARÁMETROS DE CRITICIDAD	Ch. Cónica PYZ	CH. Mandíbulas	Zaranda	Faja de 1/2	Faja de 3/4	Faja de arena	Faja de gravilla	Faja de retorno	Faja principal	Faja PYZ	Tolva	Vibrador
1. NIVEL DE USO DE LA MAQUINARIA												
No más de 4 horas por día												
Entre 5 y 8 horas por día												
Entre 9 y 12 horas por día	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Entre 13 y 16 horas por día												
Entre 17 y 24 horas por día												
A	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2. FRECUENCIA DE FALLA (Todo tipo de falla)												
No más de 1 por año												
Entre 2 y 15 por año				2	2	2	2	2	2	2	2	2
Entre 16 y 30 por año	3	3	3									
Entre 31 y 50 por año												
Más de 50 por año												
B	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3. TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR (MTTR)												
Menos de 4 horas			1	1		1	1	1	1			
Entre 4 y 8 horas	2	2			2					2	2	2
Entre 8 y 24 horas												
Entre 24 y 48 horas												
Más de 48 horas												
C	2	2	1	1	2	1	1	1	1	2	2	2
4. IMPACTO SOBRE LA PRODUCCIÓN												
No afecta la producción												
25 % de impacto				3	3	3	3	3	3	3	3	3
50 % de impacto												
75 % de impacto	7	7	7									
100 % de impacto												
D	7	7	7	3	3	3	3	3	3	3	3	3
5. REEMPLAZO DE EQUIPOS / ACCESORIOS												
Si existe												
Regular												
Escaza												
No existe	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
F	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
6. COSTOS DE REPARACIÓN (MILES DE NUEVOS SOLES)												
No origina ningún costo												
Menos de mil				3	3	3	3	3	3	3	3	3
Entre mil y 3 mil												
Entre 3 y 5 mil	10	10	10									
Más de 5 mil												

	G	10	10	10	3	3	3	3	3	3	3	3	
7. IMPACTO AMBIENTAL													
No origina ningún impacto ambiental													
Contaminación ambiental baja													
Contaminación ambiental moderada, no rebasa los límites de la planta													
Contaminación ambiental alta, incumplimiento de normas, quejas de la comunidad, procesos sancionatorios													
	H	10	10	10	5	5	5	5	5	5	5	5	
8. IMPACTO EN SALUD Y SEGURIDA DE PERSONAL													
No origina heridas ni lesiones													
Puede ocasionar lesiones o heridas leves no incapacitantes													
Puede ocasionar lesiones o heridas graves con incapacidad temporal entre 30 días													
Puede ocasionar lesiones con incapacidad superior a 30 días o incapacidad parcial permanente													
	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9. IMPACTO EN LA CALIDAD DEL PRODUCTO FINAL													
No ocasiona pérdidas económicas en las áreas (producción, ventas)													
Puede ocasionar pérdidas económicas mayores de 100 < 500 nuevos soles													
Puede ocasionar pérdidas económicas mayores de 500 < 1000 nuevos soles													
Puede ocasionar pérdidas económicas mayores de 1000 mil nuevos soles													
	J	10	10	10	5	5	5	5	5	5	5	5	
10. ASISTENCIA TÉCNICA													
Si existe													
Regular													
Escasa													
No existe													
	K	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Puntaje Total		51	51	50	28	29	28	28	28	28	29	29	29
Aplicación de fórmula de CRITICIDAD		132	132	111	32	38	32	32	32	32	38	38	38

Fuente: Planta Chancadora de piedra.

Según la matriz de criticidad, los equipos críticos de la empresa son:

1. Chancadora de mandíbulas.
2. Chancadora cónica PYZ
3. Zaranda

3.2.2 Codificación de equipos críticos

Es importante desarrollar un esquema mediante el cual se identifique de manera única a cada equipo y componente de los equipos críticos de la planta chancadora de piedra. Con esta codificación se pretende mencionar la ubicación, el tipo, número; así como las características de los mismos [14]. En la tabla 38 se muestra el listado de todos los equipos que forman parte del sistema de producción de la planta chancadora de piedra.

Tabla 41. Código tipo de máquina

Máquinas	Código
Chancadora de mandíbulas	CHM
Chancadora Cónica PYZ	CHC
Faja de 1/2 pulgada	FJA
Faja de 3/4 pulgada	FJB
Faja de Arena	FJR
Faja de Gravilla	FJG
Faja de Retorno	FJT
Faja Principal	FJP
Faja PYZ	FYZ
Tolva	TOL
Vibrador	VIB
Clasificadora (Zaranda)	ZAR

Fuente: Planta Chancadora de Piedra

En la tabla 39 se muestra la codificación de cada equipo con sus componentes.

Tabla 42. Código tipo de componente chancadora de mandíbulas

Chancadora de mandíbulas			
Componentes	Tipo	Comp	Csc
Bastidor frontal	CHM	BTF	1
Cuña superior	CHM	CÑS	2
Cuña de llenado	CHM	CÑL	3
Tornillo de mandíbula	CHM	TRM	4
Conjunto de muelle de disco	CHM	CMD	5
Placa montante. Superior	CHM	PMS	6
Mandíbula fija. superior	CHM	MFS	7
Mandíbula móvil. superior	CHM	MMS	8
Placa montante. inferior	CHM	PMI	9
Mandíbula fija. inferior	CHM	MFI	10
Mandíbula móvil. inferior	CHM	MMI	11
Cuña fija	CHM	CÑF	12
Placa de protección ocelada de biela	CHM	PPB	13
Volante	CHM	VOL	14
Eje Excéntrico	CHM	EXC	15
Rodamiento de biela	CHM	RBL	16
Biela	CHM	BLA	17
Biela del bastidor	CHM	BLB	18
Placa lateral	CHM	PLT	19
Tornillo del bastidor	CHM	TRB	20
Bastidor trasero	CHM	BTT	21
Cuñas de ajuste	CHM	CÑA	22
Espaciador	CHM	ESP	23
Placa de asiento basculante	CHM	PAB	24
Asiento de basculación	CHM	ASB	25
Tuercas de bloque con cojinete de empuje	CHM	TBC	26
Muelle tensor	CHM	MTN	27
Asiento de basculación	CHM	ASB	28
Placa basculante	CHM	PLB	29
Varilla tensora	CHM	VTN	30

Motor	CHM	MOT	31
Polea	CHM	POL	32

Fuente: Planta Chancadora de Piedra

A continuación, para la chancadora cónica PYZ.

Tabla 43. Código tipo de componente chancadora cónica PYZ

Chancadora cónica PYZ			
Componentes	Tipo	Comp	Csc
Tolva de alimentación	CHC	TAL	1
Manto	CHC	MTO	2
Bowl liner	CHC	BWL	3
Cono	CHC	CON	4
Bomba de lubricación	CHC	BBL	5
Polea	CHC	POL	6
Motor	CHC	MOT	7
Contraeje	CHC	CEJ	8
Engranaje cónico del eje	CHC	ECE	9
Corona	CHC	EC	10
Cojinete de empuje inferior	CHC	CEI	11
Plato de ajuste	CHC	PAJ	12
Cojinete de empuje superior	CHC	CES	13
Amortiguador	CHC	AMT	14
Buje de la excéntrica	CHC	BEX	15
Buje del eje	CHC	BJE	16
Estructura principal	CHC	ETP	17
Eje cónico excéntrico	CHC	EJE	18
Socket	CHC	SKT	19
Anillo de retención	CHC	ART	20

Fuente: Planta Chancadora de Piedra

Por último, para la zaranda.

Tabla 44. Código tipo de componente zaranda

Zaranda			
Componentes	Tipo	Comp	Csc
Malla $\frac{3}{4}$	ZAR	M34	1
Malla $\frac{1}{2}$	ZAR	M12	2
Eje excéntrico	ZAR	EXE	3
Rodajes	ZAR	RDJ	4
Volantes	ZAR	VOL	5
Contrapesos	ZAR	CTP	6
Pernos de sujeción de malla $\frac{3}{4}$	ZAR	P34	7
Pernos de sujeción de malla $\frac{1}{2}$	ZAR	P12	8
Caja de alimentación	ZAR	CJA	9
Bloque de contención	ZAR	BQC	10
Platinas laterales de sujeción de malla $\frac{3}{4}$	ZAR	L34	11
Platinas laterales de sujeción de malla $\frac{1}{2}$	ZAR	L12	12
Platinas de succión de gravilla y arena	ZAR	PSC	13
Cola de descarga de piedra mayor a $\frac{3}{4}$	ZAR	M34	14
Cola de descarga de $\frac{3}{4}$	ZAR	D34	15
Cola de descarga de $\frac{1}{2}$	ZAR	D12	16
Chute de descarga de gravilla	ZAR	DGR	17
Chute de descarga de arena gruesa	ZAR	DAR	18
Motor	ZAR	MOT	19
Polea	ZAR	POL	20
Amortiguador	ZAR	AMT	21

Fuente: Planta Chancadora de Piedra

3.2.3 Árbol de fallas

Una herramienta excelente para corregir y localizar fallas, es el árbol de fallas la cual nos va ayudar a definir las causas de las mismas, así como para elaborar el análisis AMEF que se presentará más adelante [10]. A continuación, se presenta los siguientes árboles de fallas en las figuras correspondientes.

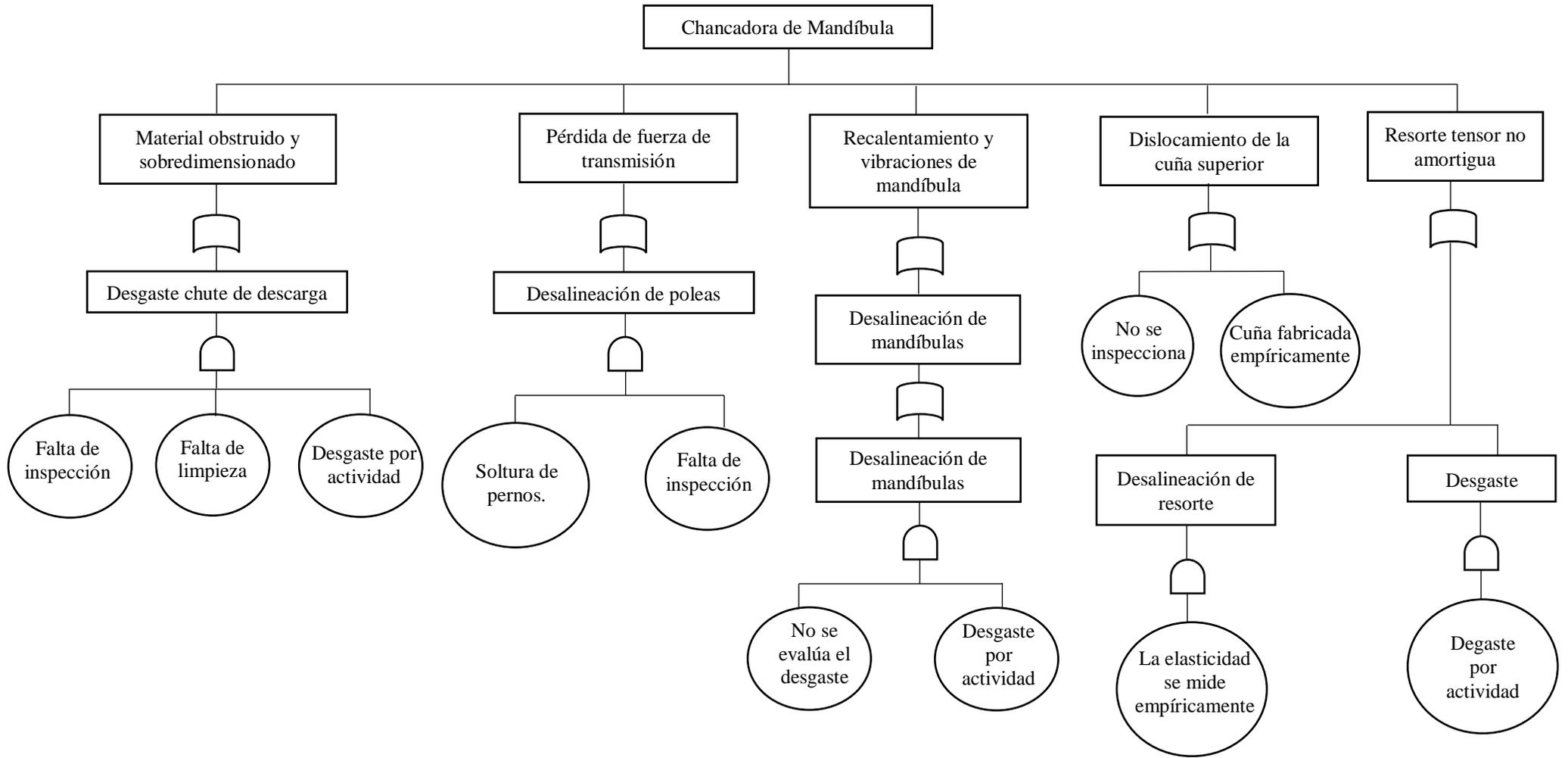


Figura 11. Árbol de fallas de la chancadora de mandíbula.
Fuente: Planta Chancadora de piedra.

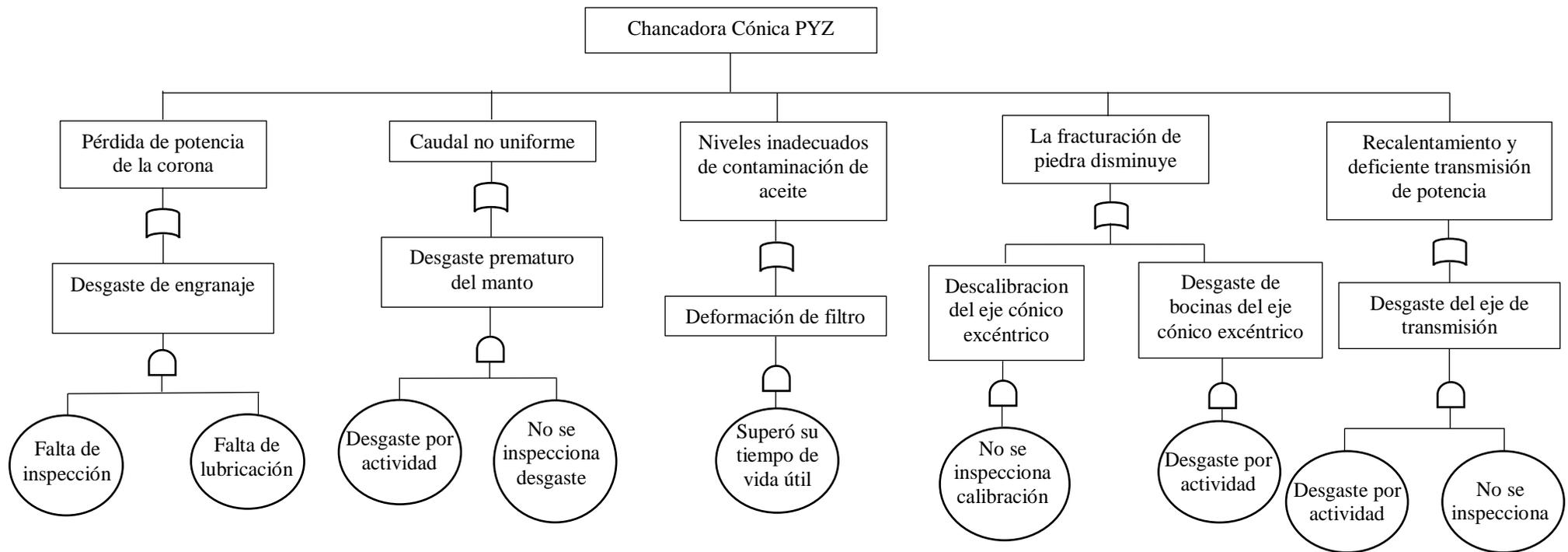


Figura 12. Árbol de fallas de la Chancadora Cónica.
Fuente: Planta Chancadora de piedra.

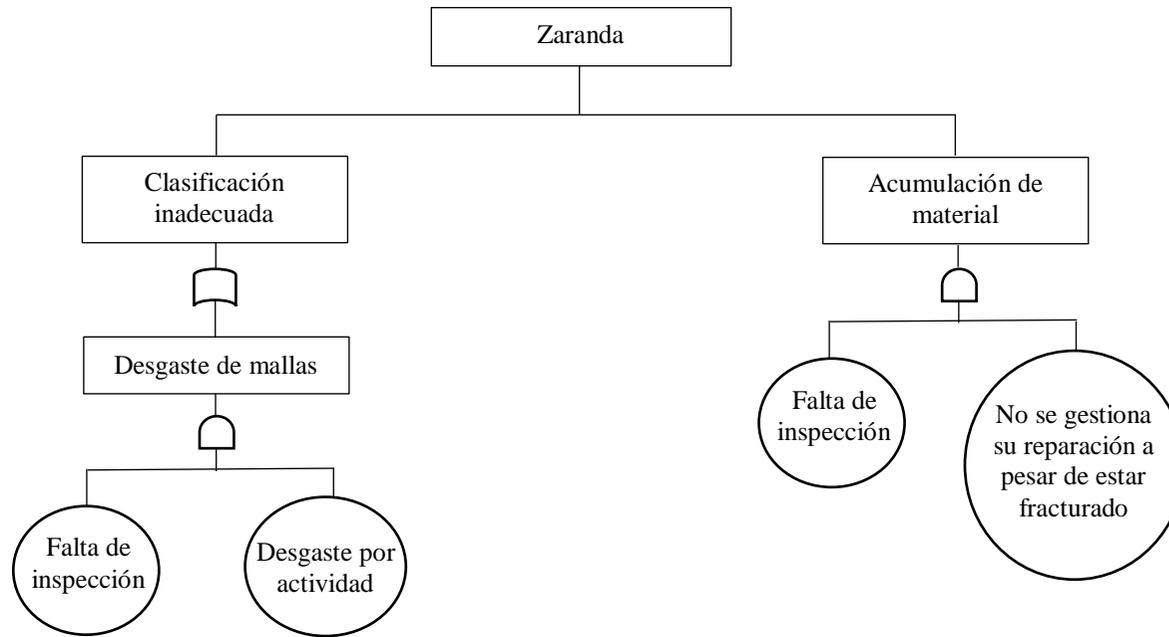


Figura 13. Árbol de fallas de la Zaranda
Fuente: Planta Chancadora de piedra.

3.2.4 Análisis de modo y efectos de fallo

Se realizó el AMEF en base a una reunión planificada con todos los involucrados que hacen el mantenimiento correctivo, al historial de fallos (anexo 1) y árbol de fallos (figura 11,12,13) [14]. Revisar anexo 4 para conocer componente de la Chancadora de Mandíbula.

Tabla 45. AMEF Chancadora de Mandíbulas.

Análisis de modo de falla												
Descripción del equipo	Función que desempeña	Componente	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de la falla	Controles actuales	Situación actual				Acciones recomendadas	Responsable
							Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR		
Chancadora de mandíbulas (CHM)	Realizar el chancado primario de piedra	Chute de descarga	Material obstruido en descarga	Material húmedo o sobre dimensionado	Disminuye ritmo de producción	Ninguna	9	4	8	288	De forma diaria revisar la zona de descarga del chute	Técnico mecánico
		Polea	Polea desalineada	Pernos de sujeción se aflojan con la vibración mecánica	Desgaste de faja y polea	Ninguna	6	4	7	168	Revisar el torque de pernos durante paradas programadas, revisar elongación e integridad de las fajas	Técnico mecánico
		Mandíbula móvil	Mandíbula desalineada	Desgaste de seguros	Recalentamiento de mandíbula y vibraciones	Ninguna	5	5	7	175	Inspeccionar y calibrar seguros durante paradas programadas	Técnico mecánico
		Cuña superior	Dislocamiento de posición original (asiento)	Cuñas fabricadas empíricamente	Dislocamiento de mandíbula móvil	Ninguna	6	3	7	126	Solicitar cuñas al fabricante, inspección y reforzamiento de la integridad de la cuña.	Técnico mecánico
		Resorte tensor (adaptado)	Resorte no amortigua	Deformación de resorte	Aumento de gap	Ninguna	5	5	4	100	Regular longitud de resorte según fabricante y considerar cambio de acuerdo a la integridad del resorte	Técnico mecánico

Tabla 46. AMEF Chancadora Cónica PYZ

Equipo y función		Análisis de modo de falla					Situación actual				Acciones recomendadas	Responsable
Descripción del equipo	Función que desempeña	Componente	Falla Funcional	Modo de falla	Efecto de la falla	Controles actuales	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR		
Chancadora Cónica PYZ (chc)	Chancado secundario de piedra	Corona	Juego de engranajes mal montado	Desgaste de engranajes	Pérdida de potencia	Ninguno	6	3	7	126	Inspección del desgaste de los dientes de la corona y piñón durante parada programada.	Técnico mecánico - supervisor de mantenimiento
		Manto	Ruidos y vibraciones anormales	Caudal no uniforme	Desgaste prematuro del manto	Ninguno	9	3	7	189	Verificar la condición de los revestimientos durante parada programada	Técnico mecánico - Supervisor de mantenimiento
		Filtro de aceite	Deformación del filtro	Mal uso en operación	Niveles inadecuados de contaminación de aceite por ende desgaste de piezas	Ninguno	9	4	9	324	Revisión periódica del estado de filtro.	Técnico mecánico
		Eje cónico excéntrico	Excentricidad no calibrada	Bocinas desgastadas	Disminución de fracturación de piedra	Ninguno	9	3	7	189	Inspeccionar integridad y desgaste de bocinas para su evaluación de cambio	Técnico mecánico - Supervisor de mantenimiento
		Eje de transmisión	Transmisión de potencia ineficiente	Desalineamiento entre eje de transmisión de la eje motriz	Recalentamiento del equipo	Ninguno	6	3	8	144	Inspeccionar integridad y desgaste del eje de transmisión para su evaluación de cambio	Técnico mecánico - Supervisor de mantenimiento

Tabla 47. AMEF Zaranda

Equipo y función		Análisis de modo de falla					Situación actual				Acciones recomendadas	Responsable
Descripción del equipo	Función que desempeña	Componente	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de la falla	Controles actuales	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR		
Zaranda (zar)	Clasificación de material	Chute de descarga de finos (gravilla y arena gruesa)	Obstrucción de material	Calidad de material inadecuado	Parada de producción	Ninguno	6	3	7	210	Inspeccionar diariamente el chute de descarga de finos.	Técnico mecánico
		Chute de descarga de gruesos (piedra 3/4 y 1/2)					6	3	7	210	Inspeccionar diariamente el chute de descarga de gruesos	Técnico mecánico
		Malla de 1/2	Inadecuada selección de material	Rejillas se rompen	Parada por exceso de peso	Ninguno	6	5	6	180	Inspección de rejillas para posterior reparación, verificar desgaste de rejillas para cambio.	Técnico mecánico
		Malla 3/4					6	5	6	180		

3.2.5 Plan de mantenimiento preventivo

En base a la información previamente comentada, incluyendo reuniones con los colaboradores de la planta; se propone el plan de mantenimiento preventivo, el cual incluye el equipo a tratar, componente, tareas y actividades a realizar, materiales, herramientas, período, responsables, tiempo de ejecución, costo, características y el código del componente según corresponda para cada equipo. Revisar anexo 5 para una mayor familiaridad con la chancadora de mandíbulas y anexo 6 para la Zaranda.

A continuación, se presenta el plan de mantenimiento para la chancadora de mandíbulas.

Tabla 48. Plan de Mantenimiento Preventivo de la Chancadora de Mandíbula

Equipo	Componente	Tareas a realizar	Descripción de la tarea	Materiales	Herramientas	Período	Responsable	Tiempo de ejecución	Costo (soles)	Características	Codificación	Modo	
Chancadora de mandíbulas (CHM)	Chute de descarga	Inspeccionar	Inspeccionar estado del chute de descarga	Trapo industrial	Llave de 36, 30, 32, 24, 1/2", 9/16", 3/4", 1.1/8" mixta, llave francesa de 15 pulgadas, barreta, pico, comba, alicate, pata de cabra, máquina de soldar, equipo de oxicorte, soldadura supercorto, graseras	Semanal	Técnico mecánico	15 minutos	200	Campeche		Operación	
		Limpiar	Limpiar el área obstruida			Semanal	Técnico mecánico	30 minutos				Parada	
		Reparar	Reparar chute de descarga por uno nuevo	Chute de descarga		6 meses	Técnico mecánico	1,5 horas	120	1m x 0.8 m	CHM-CÑI-3	Parada	
	Polea	Inspeccionar	Inspeccionar torque de pernos y elongación de faja	Trapo industrial, afloja todo , grasa industrial		Semanal	Técnico mecánico	15 minutos					Parada
		Cambiar	Cambiar polea y faja	Polea / faja		6 meses	Técnico mecánico	1,5 horas	280	radio de 60 cm	CHM-POL-32	Parada	
	Mandíbula móvil	Evaluar	Evaluar desgaste de mandíbulas según las dimensiones de las piedras trituradas después del proceso	Ninguno		Mensual	Técnico mecánico	30 minutos					Parada
		Cambiar	Cambiar mandíbulas según manual de apoyo	Juego de Mandíbulas		8 meses	Técnico mecánico	3 horas	26 000	1m x 1,2m	CHM-MMS-8	Parada	
	Cuña Superior	Inspeccionar	Inspeccionar estado de la cuña superior	Ninguno		Semanal	Técnico mecánico	15 minutos					Parada
		Cambiar	Cambiar cuña superior cuando sea necesario	Cuña superior		5 meses	Técnico mecánico	2 horas	100	Acerado	CHM-CÑS-2	Parada	
	Resorte de tensión	Evaluar	Evaluar estado de resorte de tensión	Dinamómetro		Mensual	Técnico mecánico	30 minutos	435				Parada
		Cambiar	Cambiar resorte de tensión	Resorte de tensión		6 meses	Técnico mecánico	1 hora	280	Acerado	CHM-RST-13	Parada	

A continuación, se presenta el plan de mantenimiento para la chancadora cónica PYZ; se apoyó en un manual.

Tabla 49. Plan de Mantenimiento Preventivo de la Chancadora Cónica PYZ

Equipo	Componente	Tareas a realizar	Descripción de la tarea	Materiales	Herramientas	Período	Responsable	Tiempo de ejecución	Costo (soles)	Características	Codificación	Modo	
Chancadora cónica PYZ (CHC)	Corona	Inspeccionar	Inspeccionar estado y desgaste de corona	Tintes penetrantes, trapo industrial	Destornillador, llave 22, dado 16, 22, 26, alicate, pata de cabra, equipo oxicorte, soldadura supercito, pico, comba, hexagonales	Cada 6 meses	Técnico mecánico	4 horas	3 000	Cantesco		Parada	
		Lubricar	Lubricar corona según manual de apoyo	Aceite industrial para corona C 100		Anual	Técnico mecánico	3 horas	1 850	Vistony		Parada	
	Manto	Inspeccionar	Inspeccionar las condiciones del manto	Trapo industrial.		Mensual	Técnico mecánico	30 minutos					Operación
		Cambiar	Cambiar manto según manual de apoyo	Manto		Anual	Técnico mecánico	2 horas	1 800	Zenith	CHC-MTO-2	Parada	
	Filtro de aceite	Cambiar	Cambiar filtros según indicaciones del manual de apoyo	Filtro de aceite		Mensual	Técnico mecánico	2 horas	500	Zenith	CHC-FLT-21	Parada	
	Eje cónico excéntrico	Inspeccionar	Inspeccionar eje excéntrico	Trapo industrial		Cada 6 meses	Técnico mecánico	3 horas					Parada
		Cambiar	Cambiar eje principal cuando presente fracturas	Eje excéntrico		Anual	Técnico mecánico	4 horas	15 000	Zenith	CHC-EJE-18	Parada	
	Eje de transmisión	Inspeccionar	Inspeccionar estado de eje de transmisión	Trapo industrial		Cada 6 meses	Técnico mecánico	4 horas					Parada
		Cambiar	Cambiar eje de transmisión según manual de apoyo	Eje de transmisión		Anual		3 horas	18 000	Zenith	CHC-EJT-22	Parada	

Por último, se presenta el plan de mantenimiento para la zaranda.

Tabla 50. Plan de Mantenimiento Preventivo de la Zaranda

Equipo	Componente	Tareas a realizar	Descripción de la tarea	Materiales	Herramientas	Período	Responsable	Tiempo de ejecución	Costo (soles)	Características	Codificación	Modo
Zaranda	Chute de descarga de finos (gravilla y arena gruesa)	Inspeccionar	Inspeccionar diariamente el chute de descarga de finos y de gruesos	Trapo industrial	llave 19, máquina de soldar, soldadura supercito, comba, pata de cabra	Semanal	Técnico mecánico	15 minutos				Operación
		Reparar	Reparar chute de descarga cuando está presente deformaciones	Chute de descarga de finos.		4 meses		3 horas	280	Placas de fierro acerado	ZAR-CDF-17	Parada
	Chute de descarga de gruesos (piedra 3/4 y 1/2)	Inspeccionar	Inspeccionar diariamente el chute de descarga de finos y de gruesos	Trapo industrial	llave 17, máquina de soldar, soldadura supercito, comba, pata de cabra	Semanal	Técnico mecánico	15 minutos				Operación
		Reparar	Reparar chute de descarga cuando está presente deformaciones	Chute de descarga de gruesos		Anual		2 horas	280	Placas de fierro acerado	ZAR-CDG-16	Parada
	Malla de 1/2	Inspeccionar	Inspeccionar la integridad de la malla	Trapo industrial	Comba, pico, equipo oxicorte, máquina de soldar, soldadura supercito	Semanal	Técnico mecánico	15 minutos				Parada
		Cambiar	Cambiar malla correspondiente considerando el espacio de pase de grano para la piedra de 1/2	Malla de 1/2		4 meses		2 horas	200	Alambre acerado grueso	ZAR-M12-2	Parada
	Malla 3/4	Inspeccionar	Inspeccionar la integridad de la malla	Trapo industrial	Comba, pico, equipo oxicorte, máquina de soldar, soldadura supercito	Semanal	Técnico mecánico	15 minutos				Parada
		Cambiar	Cambiar malla correspondiente considerando el espacio de pase de grano para la piedra de 3/4	Malla de 3/4		6 meses		3 horas	150	Alambre acerado grueso	ZAR-M34-1	Parada

3.2.7 Procedimientos de gestión de mantenimiento

Se elaboraron procedimientos de mantenimiento correctivo, preventivo y despacho de repuestos. El tener estandarizado los métodos de trabajo es importante para asegurar una correcta implementación de cualquier plan de mantenimiento.

Los procedimientos se presentan en los anexos 7,8,9.

3.2.8 Hojas de Ruta de Mantenimiento Preventivo

Estas hojas describen una secuencia de operaciones de mantenimiento individuales para la Chancadora de Mandíbulas, Cónica PYZ y Zaranda; que se han de realizar dentro de la Planta Chancadora de Piedra.

Las hojas de ruta se presentan en el anexo 10.

3.2.9 Capacitación de personal

La capacitación de los operarios de la planta chancadora de piedra se brindará a los siguientes colaboradores: Gerente Administrativo (1). Jefe de Planta (1). Asistentes Administrativos (3). Mecánico de Planta (1). Operador de Maquinaria (1). Asistente de Operador (1), siendo un total de 8. Estos deberán ser capacitados para realizar el correcto mantenimiento preventivo y recordar que un buen funcionamiento de los equipos depende del nivel formación, para esto los temas a capacitar son los siguiente:

- Sesión 1: Gestión, tipos e indicadores de mantenimiento.
- Sesión 2: Equipos críticos y sus codificaciones.
- Sesión 3: árbol de fallas y Amef.
- Sesión 4: Plan de mantenimiento preventivo.
- Sesión 5: Cronogramas de mantenimiento.

A continuación, se presentan las fichas de capacitación:

Tabla 54. Ficha de capacitación para la sesión 1.

FICHA DE CAPACITACIÓN	
Sesión	1
Tema	Gestión, tipo e indicadores de mantenimiento
Ponente:	Omar Chávez Gaona
Inversión	1000 soles
Participantes	8
Fecha programada	Marzo 2019
Duración prevista:	6 horas
Descripción de contenidos	Duración
1. ¿Qué es gestión de mantenimiento?	30 minutos
2. ¿Cuáles son los tipos de mantenimiento?	30 minutos
3. Disponibilidad en los equipos	1 hora
4. Confiabilidad en los equipos	1 hora
5. Mantenibilidad en los equipos	1 hora
6. ¿Por qué medir indicadores y cómo mejorarlos?	1 hora
7. Discusiones	30 minutos
Materiales requeridos	Diapositivas, PC, plumón, pizarra, laptop.

Tabla 55. Ficha de capacitación de la sesión 2.

FICHA DE CAPACITACIÓN	
Sesión	2
Tema	Equipos críticos y sus codificaciones
Ponente:	Omar Chávez Gaona
Inversión	1000 soles
Participantes	8
Fecha programada	Marzo 2019
Duración prevista:	6 horas
Descripción de contenidos	Duración
1. ¿Cuáles son los equipos que forman parte del sistema productivo?	30 minutos
2. ¿Qué la matriz de criticidad?	30 minutos
3. Desarrollo de la matriz de criticidad	1 hora
4. ¿Para qué sirve la codificación de los equipos?	30 minutos
5. Desarrollo de la codificación de los equipos.	3 hora
6. Discusiones	30 minutos
Materiales requeridos	Diapositivas, PC, plumón, pizarra, laptop.

Tabla 56. Ficha de capacitación de la sesión 3.

FICHA DE CAPACITACIÓN	
Sesión	3
Tema	Árbol de fallas y Amef
Ponente:	Omar Chávez Gaona
Inversión	1000 soles
Participantes	8
Fecha programada	Marzo 2019
Duración prevista:	6 horas
Descripción de contenidos	Duración
1. ¿Qué un árbol de fallas?	30 minutos
2. Desarrollo de los árboles de fallas de los equipos críticos	2 hora
3. ¿Qué Amef?	30 minutos
4. Desarrollo de los Amef's	2 horas
5. Discusiones	30 minutos
Materiales requeridos	Diapositivas, PC, plumón, pizarra, laptop.

Tabla 57. Ficha de capacitación de la sesión 4.

FICHA DE CAPACITACIÓN	
Sesión	4
Tema	Plan de Mantenimiento Preventivo
Ponente:	Omar Chávez Gaona
Inversión	1000 soles
Participantes	8
Fecha programada	Marzo 2019
Duración prevista:	6 horas
Descripción de contenidos	Duración
1. ¿Qué es un plan?	30 minutos
2. Explicación de plan de mantenimiento preventivo desarrollado por el tesista	4 horas
3. Discusiones	1 hora
Materiales requeridos	Diapositivas, PC, plumón, pizarra, laptop.

Tabla 58. Ficha de capacitación de la sesión 5.

FICHA DE CAPACITACIÓN	
Sesión	5
Tema	Cronograma del Plan de mantenimiento
Ponente:	Omar Chávez Gaona
Inversión	1000 soles
Participantes	8
Fecha programada	Marzo 2019
Duración prevista:	6 horas
Descripción de contenidos	Duración
1. ¿Qué es un cronograma?	30 minutos
2. Explicación del cronograma del plan de mantenimiento preventivo	3 horas
3. Discusiones	2 hora
Materiales requeridos	Diapositivas, PC, plumón, pizarra, laptop.

3.2.10 Nuevos indicadores

Se calcularon los nuevos indicadores en base a la suma total de horas de paradas programadas propuestas en el Plan de mantenimiento preventivo de la Chancadora de Mandíbulas (tabla 45), Chancadora Cónica PYZ (tabla 46) y la Zaranda (tabla 47).

• Chancadora de Mandíbula:

Como se muestra en la tabla 31, la Chancadora de Mandíbulas antes de la propuesta del plan de mantenimiento preventivo tenía un total de horas de parada por mantenimientos correctivos de 160 horas.

Según la tabla 56 extraído de la tabla 45, se tiene programado un total de 81,3 horas de parada por mantenimiento preventivo; considerando los tiempos de mantenimiento en parada y obviando los mantenimientos en operación.

Tabla 59. Horas de mantenimiento preventivo en parada de la Chancadora de mandíbula.

Descripción de la tarea	Periodo	Tiempo de ejecución	Modo	Tiempo de ejecución en horas	Frecuencia al año (veces al año)	Horas de mantenimiento preventivo en parada
Inspeccionar estado del chute de descarga	Semanal	15 minutos	Operación			
Limpiar el área obstruida	Semanal	30 minutos	Parada	0,5	52	26
Reparar chute de descarga por uno nuevo	6 meses	1,5 horas	Parada	1,5	2	3
Inspeccionar torque de pernos y elongación de faja	Semanal	15 minutos	Parada	0,25	52	13
Cambiar polea y faja	6 meses	1,5 horas	Parada	1,5	2	3
Evaluar desgaste de mandíbulas según las dimensiones de las piedras trituradas después del proceso	Mensual	30 minutos	Parada	0,5	12	6
Cambiar mandíbulas según manual de apoyo	8 meses	3 horas	Parada	3	1,5	4,5
Inspeccionar estado de la cuña superior	Semanal	15 minutos	Parada	0,25	52	13
Cambiar cuña superior cuando sea necesario	5 meses	2 horas	Parada	2	2,4	4,8
Evaluar estado de resorte de tensión	Mensual	30 minutos	Parada	0,5	12	6
Cambiar resorte de tensión	6 meses	1 hora	Parada	1	2	2
Total						81,3

Se puede asegurar, que se redujo el total de horas de parada en 78,7 horas.

- **Chancadora Cónica PYZ:**

Como se muestra en la tabla 31, la Chancadora de Cónica PYZ antes de la propuesta del plan de mantenimiento preventivo tenía un total de horas de parada por mantenimientos correctivos de 131 horas.

Según la tabla 57 extraído de la tabla 46, se tiene programadas un total de 95 horas de parada por mantenimiento preventivo; considerando los tiempos de mantenimiento en parada y obviando los mantenimientos en operación.

Tabla 60. Horas de mantenimiento preventivo en parada de la Chancadora Cónica PYZ.

Descripción de la tarea	Periodo	Tiempo de ejecución	Modo	Tiempo de ejecución en horas	Frecuencia al año (veces al año)	Horas de mantenimiento preventivo en parada
Inspeccionar estado y desgaste de corona	Cada 6 meses	4 horas	Parada	4	2	8
Lubricar corona según manual de apoyo	Anual	3 horas	Parada	3	1	3
Inspeccionar las condiciones del manto	Mensual	30 minutos	Operación			
Cambiar manto según manual de apoyo	Anual	2 horas	Parada	3	1	3
Cambiar filtros según indicaciones del manual de apoyo	Mensual	2 horas	Parada	2	12	24
Inspeccionar eje excéntrico	Cada 6 meses	3 horas	Parada	3	2	6
Cambiar eje principal cuando presente fracturas	Anual	4 horas	Parada	4	1	4
Inspeccionar estado de eje de transmisión	Cada 6 meses	4 horas	Parada	4	2	8
Cambiar eje de transmisión según manual de apoyo	Anual	3 horas	Parada	3	1	3
Total						59

Se puede asegurar, que se redujo el total de horas de parada en 72 horas.

- **Zaranda:**

Como se muestra en la tabla 31, la Zaranda antes de la propuesta del plan de mantenimiento preventivo tenía un total de horas de parada por mantenimientos correctivos de 123 horas.

Según la tabla 58 extraído de la tabla 47, se tiene programadas un total de 49 horas de parada por mantenimiento preventivo; considerando los tiempos de mantenimiento en parada y obviando los mantenimientos en operación.

Tabla 61. Horas de mantenimiento preventivo en parada de la Zaranda

Descripción de la tarea	Periodo	Tiempo de ejecución	Modo	Tiempo de ejecución en horas	Frecuencia al año (veces al año)	Horas de mantenimiento preventivo en parada al año
Inspeccionar diariamente el chute de descarga de finos y de gruesos	Semanal	15 minutos	Operación			
Reparar chute de descarga cuando está presente deformaciones	4 meses	3 horas	Parada	3	3	9
Inspeccionar diariamente el chute de descarga de finos y de gruesos	Semanal	15 minutos	Operación			
Reparar chute de descarga cuando está presente deformaciones	Anual	2 horas	Parada	2	1	2
Inspeccionar la integridad de la malla	Semanal	15 minutos	Parada	0,25	52	13
Cambiar malla correspondiente considerando el espacio de pase de grano para la piedra de 1/2	4 meses	2 horas	Parada	2	3	6
Inspeccionar la integridad de la malla	Semanal	15 minutos	Parada	0,25	52	13
Cambiar malla correspondiente considerando el espacio de pase de grano para la piedra de 3/4	6 meses	3 horas	Parada	3	2	6
Total						49

Se puede asegurar, que se redujo el total de horas de parada en 74 horas.

En la tabla 59, se muestra el cuánto disminuye el porcentaje respecto al tiempo de parada ante el mantenimiento propuesto.

Tabla 62. Reducción del tiempo de parada después de la propuesta.

Equipos	Reducción de horas de paradas	Total	Tiempo de parada antes del mantenimiento	Porcentaje de mejora (%)
Chancadora de Mandíbula	78,7	224,7	679	33
Chancadora Cónica PYZ	72			
Zaranda	74			

- **Confiabilidad: Tiempo promedio operativo hasta el fallo. MTTF.**

Para calcular la confiabilidad se tuvieron en cuenta las siguientes variables.

- Tiempo total de producción al año: 3 536 horas (68 horas semanales. 52 semanas)
- Tiempo total de inactividad: Es la resta del total de horas parada antes de la mejora y las horas de parada programadas totales después del plan:
 $679 - (87,7 + 72 + 74) = 454,3$ horas
- Número de falla en el año estudiado: 52 (sin incluir la de la chancadora cónica, mandíbulas y zaranda, las cuales están sujetas al plan mantenimiento preventivo)

Para el cálculo se obtuvo:

$$MTTF = \frac{\text{Tiempo total de operacion por maquina}}{\text{Numero de fallas por maquina}} = \frac{3536 - 454,3}{52}$$

MTTF: 59 horas hasta el fallo

- **Mantenibilidad: Tiempo promedio fuera de servicio.**

Para calcular la mantenibilidad se tuvieron en cuenta las siguientes variables:

- Tiempo total para restaurar por maquina: $679 - (87,7+72+74) = 445,3$ horas.
- Número de fallas: 52 (sin incluir la de la chancadora cónica, mandíbulas y zaranda)

Para el cálculo se obtuvo:

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total para restaurar por maquina}}{\text{Numero de fallas totales por maquina}} = \frac{445,3}{52}$$

MTTR: 8,56 horas promedio fuera de servicio.

- **Disponibilidad. D.**

Para calcular la disponibilidad se tuvieron en cuenta las siguientes variables:

- Horas operativas: 3536
- Horas inoperativas:
 $679 - (87,7+72+74) = 445,3$ horas

Para el cálculo se obtuvo:

$$D = \frac{\text{Horas operativas} - \text{horas inoperativas}}{\text{horas operativas}} \times 100$$

$$D = \frac{3536 - 445,3}{3536}$$

Disponibilidad: 87%

- **Utilidad no percibida.**

Las horas de parada se multiplicaron por el caudal total y la utilidad promedio, dando así el impacto económico el cual asciende a S/ 610 194,72 como se muestra en la tabla 60.

Tabla 63. Utilidad no percibida después de la mejora

Equipo	Horas paradas	Caudal total (m3/h)	Utilidad promedio (S/m3)	Impacto económico (S./año)
Chancadora Cónica PYZ	72	158,936	7,84	89 716,193
Chancadora de mandíbulas	78,7			98 064,783
Zaranda	74			92 208,308
Faja de 1/2 pulgada	14			17 444,815
Faja de 3/4 pulgada	25			31 151,456
Faja de Arena	10			12 460,582
Faja de Gravilla	20			24 921,164
Faja de Retorno	8			9 968,465
Faja Principal	34			42 365,980
Faja PYZ	19			23 675,106
Tolva	58			72 271,377
Vibrador	77			95 946,484
TOTAL				610 194,72

Anteriormente se tenía una utilidad no percibida de S/ 846 073,039. Con la mejora se tiene una utilidad no percibida de S/ 610 194,72; por lo que se tiene una mejora y beneficio de S/ 235 878,319, la cual representa un porcentaje de mejora de 28%

3.3 Cuadro comparativo de indicadores

En la tabla 61 se muestra el resumen de indicadores:

Tabla 64. Resumen de indicadores

Descripción	Indicador anterior	Indicador ahora
MTTF – Confiabilidad – Tiempo promedio hasta el fallo	22	59
MTTR – Mantenibilidad – Tiempo promedio fuera de servicio	5	8,56
Disponibilidad	81%	87%
Número de fallas al año	131	52
Tiempo total de inactividad anuales – horas de parada	679	476
Utilidad no percibida anual	S/ 846 073,039.	S/ 610 194,72

Se puede observar que nuestro principal indicador, utilidad no percibida, se redujo.

4. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

Para realizar el análisis beneficio fue necesario costear la propuesta realizada.

En primer lugar, se presenta el costo total de repuestos según cambios de cada equipo crítico según plan de mantenimiento.

Tabla 65. Costo de repuestos de la Chancadora de Mandíbula

Equipo	Componente	Codificación	Características	Costo	Período	Costo Anual
Chancadora de mandíbula	Chute de descarga	CHM-CÑI-3	1m x 0.8m	120	2	S/240,00
	Polea	CHM-POL-32	diámetro 60cm	280	2	S/560,00
	Mandíbula móvil	CHM-MMS-8	1m x 1,2m	26000	2	S/32 000,00
	Cuña superior	CHM-CÑS-2	Fierro acerado	100	2	S/200,00
	Resorte de tensión	CHM-RST-13	resorte acerado	280	2	S/560,00
TOTAL						S/40.600,00

Tabla 66. Costo de repuestos de la Chancadora Cónica PYZ

Equipo	Componente	Codificación	Características	Costo	Período	Costo Anual
Chancadora Cónica PYZ	Manto	CHC-MTO-2	Zenith	1800	1	S/1.800,00
	Filtro de aceite	CHC-FLT-21	Zenith	500	3	S/1.500,00
	Eje cónico excéntrico	CHC-EJE-18	Zenith	15000	1	S/15.000,00
	Eje de transmisión	CHC-EJT-22	Zenith	18000	1	S/18.000,00
TOTAL						S/36.300,00

Tabla 67. Costo de repuestos de la Zaranda

Equipo	Componente	Codificación	Características	Costo	Período	Costo Anual
Zaranda	Chute de descarga de finos	ZAR-CDF-17	Placas de fierro acerado	280	1	S/ 280,00
	Chute de descarga de gruesos	ZAR-CDG-16	Placas de fierro acerado	280	1	S/ 280,00
	Malla de 1/2	ZAR-M12-2	Alambre acerado grueso	200	3	S/ 600,00
	Malla de 3/4	ZAR-M34-1	Alambre acerado grueso	150	2	S/ 300,00
TOTAL						S/ 1.460,00

Se tiene un costo total de repuestos de chancadora de mandíbula de 40 600 soles, de chancadora cónica 36 300 soles y de zaranda 1460 soles, dando un total de 78 360 soles.

4.1 Costos de mano de obra

Para mano de obra se consideró el sueldo anual que recibirá el mecánico de planta en base a 14 sueldos de 2300 soles al año.

Tabla 68. Costo de mano de obra

Colaboradores	Sueldo mensual	Sueldo Anual
Mecánico de planta	2300	S/ 32 200
TOTAL		S/ 32 200

4.2 Costos de capacitación

La capacitación será brindada por el autor de la tesis el cual cobrará unos honorarios de 5000 soles durante un año en las sesiones mencionadas anteriormente. debido al trabajo realizado en el diseño y planeación del mantenimiento realizada.

4.3 Costo beneficio

Se presenta a continuación el análisis costo beneficio de la propuesta realizada

BENEFICIOS	Unidad	0	1	2	3	4	5
Aumento de producción por reducción de paradas	S/.		235.878,319	235.878,319	235.878,319	235.878,319	235.878,319
Total Beneficios		S/ 0,00	235.878,319	235.878,319	235.878,319	235.878,319	235.878,319
COSTOS							
Costo de capacitación	S/.	5.000,00		5.000,00		S/ 5.000,00	
Costo de repuestos	S/.	78.360,00	78.360,00	78.360,00	78.360,00	S/ 78.360,00	S/ 78.360,00
Costo de mano obra		32.200,00	32.200,00	32.200,00	32.200,00	S/ 32.200,00	S/ 32.200,00
Imprevistos (10%)		11.556,00					
Total Costos		115.560,00	110.560,00	115.560,00	110.560,00	115.560,00	110.560,00
UTILIDAD BRUTA		115.560,00	92.579,40	87.579,40	92.579,40	87.579,40	92.579,40
Depreciación	S/.	-7.836,00	-7.836,00	-7.836,00	-7.836,00	-7.836,00	-7.836,00
Utilidad a Impuestos	S/.		84.743,40	79.743,40	84.743,40	79.743,40	84.743,40
Impuestos	S/.		25.423,02	23.923,02	25.423,02	23.923,02	25.423,02
			7.836,00	7.836,00	7.836,00	7.836,00	7.836,00
UTILIDAD NETA	S/.	- 107.724,00	67.156,38	63.656,38	67.156,38	63.656,38	67.156,38

VNA	S/ 237.069,23
TIR	54%
B/C	S/ 1,75

Se realizó el análisis de costo beneficio. del cual se obtuvo un VAN de 237 069,23 soles en un plazo de cinco años. un TIR de 54%. un período de recuperación de 1 año, 7 meses y 23 días y un indicador de beneficio costo de S/ 1,75. demostrando ser un proyecto muy rentable hacia la empresa.

5. CONCLUSIONES

Se diagnosticó que la planta generó un total de 131 fallas año, equivalente a 679 horas de parada. Asimismo, los indicadores de mantenimiento fueron un MTTF de 22 horas promedio hasta el fallo, un MTTR de 5 horas de tiempo promedio fuera de servicio y una disponibilidad global del 81%. La planta chancadora de piedra obtuvo una utilidad no percibida de 846 073,039 soles.

Según la metodología de análisis de criticidad los equipos de la planta chancadora de piedra fueron la Chancadora de Mandíbulas, Chancadora cónica PYZ y la Zaranda. Luego de identificarse, se procedió a codificar sus componentes, elaborar su árbol de fallas, proponer su AMEF para culminar finalmente con la propuesta del plan de mantenimiento preventivo, apoyado junto a un cronograma de actividades y plan de capacitación. Luego de la mejora, se aumentó la utilidad no percibida en 235 878,319 soles, representando un 28% de reducción, el número de horas de parada se redujo en 203 horas, el MTTF a 59 horas promedio hasta el fallo, el MTTR a 9 horas promedio fuera de servicio y la disponibilidad en un 87%.

Se realizó el análisis de costo beneficio. del cual se obtuvo un VAN de 237 069,23 soles en un plazo de cinco años. un TIR de 54%. un período de recuperación de 1 año. 7 meses y 23 días y un indicador de beneficio costo de S/ 1.75. demostrando ser un proyecto muy rentable hacia la empresa.

6. RECOMENDACIONES

Como aliento a otras investigaciones. se recomienda realizar un plan detallado de abastecimiento y compras de repuestos. abarcando el tema logístico de la gestión de mantenimiento. Asimismo. la investigación en el diseño e instalación de un software ERP de gestión de mantenimiento.

IV. REFERENCIAS

- [1] El Comercio. “Capeco: Sector inmobiliario impulsará crecimiento de la construcción”. 2018 [En línea] Disponible en: <https://elcomercio.pe/economia/peru/capeco-sector-inmobiliario-impulsara-crecimiento-construccion-noticia-520190> . [Accedido: 5 de septiembre del 2018]
- [2] S. Anbuselvan et al. “Optimization of productivity in agro industries using reliability centered maintenance”. Vol 6. No.2. pp. 203-208 College of Engineering and Technology. 2014
- [3] H. Islam, “Aplicación de la Metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad: Caso de estudio.” Vol.1 n°2, pp. 863-873, 2014.
- [4] Prabhakar. Deepak. "A new model for reliability centered maintenance in petroleum refineries." International Journal of Scientific & Technology Research 2.5 (2013): 56-64.
- [5] Díaz-Concepción. Armando. et al. "Propuesta de un modelo para el análisis de criticidad en plantas de productos biológicos." Ingeniería Mecánica 15.1 (2012): 34-43.
- [6] Barrios. Aracelis. and Maritza Ortiz. "El mantenimiento en el desarrollo de la gestión empresarial. Fundamentos teóricos." Observatorio de la Economía Latinoamericana 170 (2012): 1-21.
- [7] Cemex. “Productos: agregados”. 2018 [En línea] Disponible en: <https://www.cemex.com/es/productos-servicios/productos/agregados> [Accedido: 08 Julio del 2018]
- [8] Parra. Carlos. and Adolfo Crespo. Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicada a la Gestión de Activos. INGECON. 2012.
- [9] S. Garido, Organización y gestión integral del mantenimiento, Madrid: Dias de Santos, 2003.

- [10] A. Cejalvo Lapeña, “NTP 333. Análisis probabilístico de riesgos: Metodología del Árbol de fallos y errores”.1999.
- [11] C. Boero. Mantenimiento industrial. Cordova: Universitas, 2012.
- [12] O. Garcia. Gestion moderna de matenimiento industrial, Bogota: Ediciones de la U, 2012.
- [13] Automotive Industry Action Group (AIAG), Manual de análisis de modo efecto de fallas potenciales, IBSN: 978-1-60534-136-1. 2008.
- [14] R. Duffua. Sistemas de Mantenimiento, Planeacion y Control. Editorial Limusa S.A, Mexico. 2002.
- [15] F. Andris y W. Niebel. Ingeniería industrial de Niebel. McGraw-Hill Interamericana. 2014.
- [16] UNE: Normalización Española. “Mantenimiento. Terminología del mantenimiento”. 2018 [En línea] Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0046894>
- [17]. Manual de la Chancadora Cónica Funvesa [En línea] Disponible en: <https://es.scribd.com/document/245919926/Manual-de-Chancadora-Funvesa-Conica-3-rev-1-pdf> [Accedido: 21 de Septiembre del 2018]

**ANEXO 1. MATRIZ DE
DATOS DE
MANTENIMIENTOS EN
LA PLANTA
CHANCADORA DE
PIEDRA**

N	Mes	Fecha	Máquina	Avería	Motivo	Hr de parada
1	Mayo	viernes. 12 de mayo de 2017	Vibrador	Parada intempestiva	Daño en motor	7
2	Mayo	jueves. 25 de mayo de 2017	Tolva	Producto esparcido fuera de tolva	Ruptura de tolva	4
3	Junio	miércoles. 07 de junio de 2017	Clasificadora (Zaranda)	Obstrucción de zaranda	Exceso de tierra humeda	3
4	Junio	martes. 20 de junio de 2017	Chancadora de mandíbulas	Ritmo de producción lento	Polea desalineada	4
5	Julio	lunes. 03 de julio de 2017	Vibrador	Clasificación fuera de especificaciones	Rotura de pernos	5
6	Julio	martes. 04 de julio de 2017	Clasificadora (Zaranda)	Clasificación fuera de especificaciones	Clasificacion inadecuada	4
7	Julio	sábado. 29 de julio de 2017	Faja de 1/2 pulgada	Parada intempestiva	Rotura de cinta	4
8	Agosto	viernes. 11 de agosto de 2017	Chancadora de mandíbulas	Parada repentina	Material obstruido en la descarga	5
9	Agosto	jueves. 24 de agosto de 2017	Clasificadora (Zaranda)	Obstrucción de zaranda	Exceso de tierra humeda	5
10	Septiembre	miércoles. 06 de septiembre de 2017	Faja de 3/4 pulgada	Falla en el sistema de lubricación	Nivel de aceite bajo	2
11	Septiembre	martes. 19 de septiembre de 2017	Chancadora Cónica PYZ	Eje principal no gira	Impacto y vibraciones	10
12	Octubre	lunes. 02 de octubre de 2017	Chancadora de mandíbulas	Ritmo de producción lento	Resorte desalineado	5
13	Octubre	sábado. 14 de octubre de 2017	Tolva	Flujo restringido de producto	Obstrucción de material	7
14	Octubre	viernes. 27 de octubre de 2017	Clasificadora (Zaranda)	Clasificación fuera de especificaciones	Clasificacion inadecuada	4
15	Noviembre	jueves. 09 de noviembre de 2017	Chancadora Cónica PYZ	Motor no funciona	Juego de engranajes	4

16	Noviembre	miércoles. 22 de noviembre de 2017	Chancadora de mandíbulas	Parada repentina	Cuña se sale del asiento	7
17	Diciembre	martes. 05 de diciembre de 2017	Vibrador	Parada intempestiva	Daño en motor	8
18	Diciembre	lunes. 18 de diciembre de 2017	Clasificadora (Zaranda)	Parada intempestiva	Acumulacion de material	4
19	Diciembre	sábado. 30 de diciembre de 2017	Chancadora de mandíbulas	Mal triturado	Mandíbula desalineada	5
20	Enero	viernes. 12 de enero de 2018	Clasificadora (Zaranda)	Obstrucción de zaranda	Exceso de tierra humeda	4
21	Enero	jueves. 25 de enero de 2018	Chancadora Cónica PYZ	Sonido extraño en chancador	Juego de engranajes	4
22	Febrero	miércoles. 07 de febrero de 2018	Chancadora de mandíbulas	Parada repentina	Material obstruido en la descarga	10
23	Febrero	martes. 20 de febrero de 2018	Tolva	Flujo restringido de producto	Obstrucción de material	6
24	Marzo	lunes. 05 de marzo de 2018	Clasificadora (Zaranda)	Parada intempestiva	Acumulacion de material	6
25	Marzo	sábado. 17 de marzo de 2018	Chancadora Cónica PYZ	Falla en el sistema de lubricación	Deformacion del filtro	5
26	Marzo	viernes. 30 de marzo de 2018	Chancadora de mandíbulas	Parada repentina	Material obstruido en la descarga	8
27	Abril	jueves. 12 de abril de 2018	Faja PYZ	Falla en el sistema de lubricación	Nivel de aceite bajo	3
28	Abril	miércoles. 25 de abril de 2018	Chancadora Cónica PYZ	Pernos de fijación rotos	Eje de transmision no gira	3
29	Mayo	jueves. 03 de mayo de 2018	Faja de 3/4 pulgada	Motor no enciende	Daño en motor	7
30	Mayo	miércoles. 16 de mayo de 2018	Clasificadora (Zaranda)	Obstrucción de zaranda	Exceso de tierra humeda	2
31	Junio	jueves. 01 de junio de 2017	Vibrador	Parada intempestiva	Daño en motor	8
32	Junio	lunes. 19 de junio de 2017	Chancadora de mandíbulas	Ritmo de producción lento	Polea desalineada	3

33	Julio	viernes. 14 de julio de 2017	Faja de Arena	Parada intempestiva	Rotura de cinta	4
34	Julio	viernes. 28 de julio de 2017	Clasificadora (Zaranda)	Clasificación fuera de especificaciones	Clasificación inadecuada	4
35	Agosto	lunes. 07 de agosto de 2017	Chancadora Cónica PYZ	Falla en el sistema excéntrico	Juego de engranajes	5
36	Agosto	miércoles. 23 de agosto de 2017	Chancadora de mandíbulas	Parada repentina	Resorte desalineado	7
37	Octubre	lunes. 09 de octubre de 2017	Tolva	Flujo restringido de producto	Obstrucción de material	8
38	Noviembre	viernes. 03 de noviembre de 2017	Clasificadora (Zaranda)	Obstrucción de zaranda	Exceso de tierra húmeda	5
39	Noviembre	viernes. 17 de noviembre de 2017	Chancadora de mandíbulas	Mal triturado	Mandíbula desalineada	7
40	Noviembre	lunes. 27 de noviembre de 2017	Chancadora de mandíbulas	Ritmo de producción lento	Polea desalineada	4
41	Diciembre	miércoles. 13 de diciembre de 2017	Clasificadora (Zaranda)	Parada intempestiva	Clasificación inadecuada	4
42	Diciembre	sábado. 30 de diciembre de 2017	Vibrador	Clasificación fuera de especificaciones	Desgaste de mallas	8
43	Enero	jueves. 18 de enero de 2018	Chancadora de mandíbulas	Parada repentina	Material obstruido en la descarga	4
44	Enero	miércoles. 24 de enero de 2018	Faja PYZ	Desalineación de cinta	Rotura de cinta	6
45	Febrero	miércoles. 07 de febrero de 2018	Clasificadora (Zaranda)	Obstrucción de zaranda	Exceso de tierra húmeda	4
46	Febrero	sábado. 17 de febrero de 2018	Chancadora Cónica PYZ	Falla en el sistema excéntrico	Impacto y vibraciones	8
47	Marzo	lunes. 05 de marzo de 2018	Chancadora de mandíbulas	Mal triturado	Mandíbula desalineada	6
48	Marzo	viernes. 23 de marzo de 2018	Tolva	Producto esparcido fuera de tolva	Ruptura de tolva	6

49	Abril	martes. 17 de abril de 2018	Clasificadora (Zaranda)	Clasificación fuera de especificaciones	Clasificación inadecuada	6
50	Mayo	lunes. 07 de mayo de 2018	Chancadora de mandíbulas	Parada repentina	Cuña se sale del asiento	10
51	Mayo	martes. 01 de mayo de 2018	Clasificadora (Zaranda)	Parada intempestiva	Acumulacion de material	5
52	Mayo	viernes. 11 de mayo de 2018	Chancadora Cónica PYZ	Falla en el sistema de lubricación	Falta de excentricidad	2
53	Mayo	viernes. 19 de mayo de 2017	Vibrador	Parada intempestiva	Daño en motor	8
54	Mayo	miércoles. 31 de mayo de 2017	Faja de 3/4 pulgada	Desalineación de cinta	Rotura de cinta	8
55	Junio	lunes. 12 de junio de 2017	Chancadora de mandíbulas	Ritmo de producción lento	Resorte desalineado	6
56	Junio	sábado. 24 de junio de 2017	Clasificadora (Zaranda)	Clasificación fuera de especificaciones	Clasificación inadecuada	5
57	Julio	jueves. 06 de julio de 2017	Chancadora Cónica PYZ	Motor no funciona	Juego de engranajes	3
58	Julio	martes. 18 de julio de 2017	Chancadora de mandíbulas	Ritmo de producción lento	Polea desalineada	3
59	Septiembre	viernes. 01 de septiembre de 2017	Chancadora Cónica PYZ	Pernos de fijación rotos	Falta de excentricidad	4
60	Octubre	lunes. 16 de octubre de 2017	Tolva	Flujo restringido de producto	Obstrucción de material	8
61	Noviembre	jueves. 30 de noviembre de 2017	Clasificadora (Zaranda)	Obstrucción de zaranda	Exceso de tierra húmeda	5
62	Enero	lunes. 15 de enero de 2018	Chancadora de mandíbulas	Parada repentina	Material obstruido en la descarga	8
63	Marzo	jueves. 01 de marzo de 2018	Clasificadora (Zaranda)	Clasificación fuera de especificaciones	Clasificación inadecuada	4
64	Marzo	viernes. 16 de marzo de 2018	Chancadora Cónica PYZ	Eje principal no gira	Impacto y vibraciones	10
65	Abril	lunes. 30 de abril de 2018	Vibrador	Parada intempestiva	Daño en motor	7
66	Agosto	martes. 01 de agosto de 2017	Chancadora de mandíbulas	Ritmo de producción lento	Resorte desalineado	4

67	Agosto	domingo. 13 de agosto de 2017	Faja de Arena	Falla en el sistema de lubricación	Nivel de aceite bajo	3
68	Agosto	viernes. 25 de agosto de 2017	Clasificadora (Zaranda)	Clasificación fuera de especificaciones	Clasificación inadecuada	4
69	Septiembre	miércoles. 06 de septiembre de 2017	Chancadora de mandíbulas	Parada repentina	Resorte desalineado	5
70	Septiembre	lunes. 18 de septiembre de 2017	Chancadora Cónica PYZ	Motor no funciona	Juego de engranajes	3
71	Septiembre	sábado. 30 de septiembre de 2017	Faja de Gravilla	Parada intempestiva	Rotura de cinta	3
72	Octubre	jueves. 12 de octubre de 2017	Clasificadora (Zaranda)	Obstrucción de zaranda	Exceso de tierra húmeda	4
73	Octubre	martes. 24 de octubre de 2017	Tolva	Flujo restringido de producto	Obstrucción de material	5
74	Noviembre	lunes. 06 de noviembre de 2017	Chancadora de mandíbulas	Ritmo de producción lento	Mandíbula desalineada	3
75	Noviembre	sábado. 18 de noviembre de 2017	Faja Principal	Desalineación de cinta	Rotura de cinta	4
76	Noviembre	jueves. 30 de noviembre de 2017	Chancadora Cónica PYZ	Sonido extraño en chancador	Impacto y vibraciones	5
77	Diciembre	martes. 12 de diciembre de 2017	Clasificadora (Zaranda)	Clasificación fuera de especificaciones	Clasificación inadecuada	3
78	Diciembre	viernes. 22 de diciembre de 2017	Chancadora Cónica PYZ	Falla en el sistema de lubricación	Falta de excentricidad	4
79	Enero	miércoles. 03 de enero de 2018	Chancadora de mandíbulas	Ritmo de producción lento	Polea desalineada	4
80	Enero	lunes. 15 de enero de 2018	Vibrador	Parada intempestiva	Desgaste de mallas	5
81	Enero	sábado. 27 de enero de 2018	Clasificadora (Zaranda)	Obstrucción de zaranda	Exceso de tierra húmeda	6

82	Febrero	jueves. 08 de febrero de 2018	Chancadora de mandíbulas	Parada repentina	Material obstruido en la descarga	5
83	Febrero	martes. 20 de febrero de 2018	Chancadora Cónica PYZ	Motor no funciona	Juego de engranajes	4
84	Julio	jueves. 05 de julio de 2018	Vibrador	Clasificación fuera de especificaciones	Desgaste de mallas	4
85	Julio	martes. 17 de julio de 2018	Chancadora Cónica PYZ	Falla en el sistema excéntrico	Impacto y vibraciones	11
86	Julio	jueves. 26 de julio de 2018	Chancadora de mandíbulas	Parada repentina	Material obstruido en la descarga	7
87	Agosto	lunes. 07 de agosto de 2017	Clasificadora (Zaranda)	Clasificación fuera de especificaciones	Clasificación inadecuada	4
88	Agosto	sábado. 19 de agosto de 2017	Tolva	Producto esparcido fuera de tolva	Ruptura de tolva	7
89	Octubre	lunes. 02 de octubre de 2017	Vibrador	Clasificación fuera de especificaciones	Desgaste de mallas	5
90	Octubre	sábado. 14 de octubre de 2017	Faja Principal	Motor no enciende	Daño en motor	4
91	Abril	lunes. 30 de abril de 2018	Chancadora de mandíbulas	Mal triturado	Mandíbula desalineada	8
92	Abril	miércoles. 26 de abril de 2017	Chancadora Cónica PYZ	Falla en el sistema de lubricación	Deformación del filtro	3
93	Junio	jueves. 08 de junio de 2017	Clasificadora (Zaranda)	Parada intempestiva	Acumulación de material	6
94	Julio	viernes. 21 de julio de 2017	Vibrador	Clasificación fuera de especificaciones	Rotura de pernos	4
95	Septiembre	sábado. 02 de septiembre de 2017	Faja Principal	Desalineación de cinta	Polines desgastados	4
96	Octubre	lunes. 16 de octubre de 2017	Chancadora de mandíbulas	Parada repentina	Cuña se sale del asiento	6
97	Noviembre	martes. 28 de noviembre de 2017	Clasificadora (Zaranda)	Clasificación fuera de especificaciones	Clasificación inadecuada	4
98	Enero	miércoles. 10 de enero de 2018	Chancadora Cónica PYZ	Motor no funciona	Juego de engranajes	8
99	Febrero	jueves. 22 de febrero de 2018	Chancadora de mandíbulas	Mal triturado	Mandíbula desalineada	7
100	Abril	viernes. 06 de abril de 2018	Clasificadora (Zaranda)	Parada intempestiva	Clasificación inadecuada	3

101	Abril	sábado. 01 de abril de 2017	Tolva	Flujo restringido de producto	Obstrucción de material	7
102	Mayo	lunes. 15 de mayo de 2017	Clasificadora (Zaranda)	Clasificación fuera de especificaciones	Clasificación inadecuada	4
103	Junio	martes. 27 de junio de 2017	Chancadora de mandíbulas	Parada repentina	Material obstruido en la descarga	6
104	Agosto	miércoles. 09 de agosto de 2017	Chancadora Cónica PYZ	Falla en el sistema de lubricación	Falta de excentricidad	6
105	Septiembre	jueves. 21 de septiembre de 2017	Clasificadora (Zaranda)	Obstrucción de zaranda	Exceso de tierra húmeda	4
106	Noviembre	viernes. 03 de noviembre de 2017	Clasificadora (Zaranda)	Parada intempestiva	Acumulación de material	7
107	Diciembre	sábado. 16 de diciembre de 2017	Vibrador	Parada intempestiva	Daño en motor	8
108	Enero	lunes. 29 de enero de 2018	Chancadora de mandíbulas	Mal triturado	Mandíbula desalineada	8
109	Febrero	sábado. 10 de febrero de 2018	Faja Principal	Falla en el sistema de lubricación	Nivel de aceite bajo	4
110	Febrero	jueves. 22 de febrero de 2018	Faja PYZ	Motor no enciende	Rotura de cinta	6
111	Marzo	lunes. 12 de marzo de 2018	Chancadora Cónica PYZ	Eje principal no gira	Juego de engranajes	6
112	Abril	martes. 24 de abril de 2018	Chancadora Cónica PYZ	Sonido extraño en chancador	Impacto y vibraciones	4
113	Mayo	martes. 02 de mayo de 2017	Chancadora Cónica PYZ	Sonido extraño en chancador	Impacto y vibraciones	3
114	Mayo	martes. 16 de mayo de 2017	Chancadora Cónica PYZ	Falla en el sistema de lubricación	Impacto y vibraciones	12
115	Mayo	martes. 30 de mayo de 2017	Chancadora Cónica PYZ	Falla en el sistema de lubricación	Deformación del filtro	4
116	Junio	martes. 13 de junio de 2017	Faja de Gravilla	Parada intempestiva	Destensamiento de la cinta	4
117	Junio	martes. 27 de junio de 2017	Faja de Retorno	Parada intempestiva	Atasco en faja	4
118	Julio	martes. 11 de julio de 2017	Faja de Gravilla	Desalineación de cinta	Polines desgastados	4

119	Julio	martes. 25 de julio de 2017	Faja Principal	Parada intempestiva	Atasco en faja	6
120	Agosto	martes. 08 de agosto de 2017	Faja Principal	Motor no enciende	Daño en motor	2
121	Agosto	martes. 22 de agosto de 2017	Faja Principal	Parada intempestiva	Rotura de cinta	5
122	Septiembre	martes. 05 de septiembre de 2017	Faja de Gravilla	Parada intempestiva	Rotura de cinta	3
123	Septiembre	martes. 19 de septiembre de 2017	Faja de 1/2 pulgada	Motor no enciende	Daño en motor	2
124	Octubre	martes. 03 de octubre de 2017	Faja de Retorno	Desalineación de cinta	Polines desgastados	4
125	Octubre	martes. 17 de octubre de 2017	Faja Principal	Parada intempestiva	Destensamiento de la cinta	5
126	Octubre	martes. 31 de octubre de 2017	Faja de 1/2 pulgada	Parada intempestiva	Atasco en faja	5
127	Noviembre	martes. 14 de noviembre de 2017	Faja de Gravilla	Parada intempestiva	Destensamiento de la cinta	3
128	Noviembre	martes. 28 de noviembre de 2017	Faja de 3/4 pulgada	Motor no enciende	Daño en motor	8
129	Diciembre	martes. 12 de diciembre de 2017	Faja de Gravilla	Parada intempestiva	Rotura de cinta	3
130	Diciembre	martes. 26 de diciembre de 2017	Faja de 1/2 pulgada	Desalineación de cinta	Rotura de cinta	3
131	Enero	martes. 09 de enero de 2018	Faja de Arena	Motor no enciende	Daño en motor	3
132	Enero	martes. 23 de enero de 2018	Faja PYZ	Parada intempestiva	Destensamiento de la cinta	4
133	Febrero	martes. 06 de febrero de 2018	Vibrador	Parada intempestiva	Daño en motor	7
134	Febrero	martes. 20 de febrero de 2018	Tolva	Producto esparcido fuera de tolva	Ruptura de tolva	4
135	Marzo	martes. 06 de marzo de 2018	Clasificadora (Zaranda)	Obstrucción de zaranda	Exceso de tierra húmeda	3

136	Marzo	martes. 20 de marzo de 2018	Chancadora de mandíbulas	Ritmo de producción lento	Polea desalineada	4
137	Abril	martes. 03 de abril de 2018	Vibrador	Clasificación fuera de especificaciones	Rotura de pernos	5
138	Abril	miércoles. 11 de abril de 2018	Clasificadora (Zaranda)	Clasificación fuera de especificaciones	Clasificación inadecuada	4
139	Abril	jueves. 19 de abril de 2018	Faja de 1/2 pulgada	Parada intempestiva	Rotura de cinta	4
140	Abril	martes. 17 de abril de 2018	Chancadora de mandíbulas	Parada repentina	Material obstruido en la descarga	5

- Tiempo total de inactividad: 679 horas
- Número de fallas: 131
- Período de estudio: mayo 2017 – abril 2018

**ANEXO 2. MUESTRAS DE
CAUDAL DE
PRODUCCIÓN**

Dia / Muestra	9/04/2018	10/04/2018	11/04/2018	12/04/2018	13/04/2018
1 (6:00 am)	120	122	122	126	121
2 (11:00 am)	128	121	128	124	126
3 (4:00 pm)	121	128	125	126	128
Total	125	128	125	128	128
Promedio	127,2 m ³ /h				

**ANEXO 3. ENCUESTA
PARA DESARROLLAR
ANÁLISIS DE
CRITICIDAD**

Ponderaciones de los parámetros del Análisis de criticidad

PLANTA CHANCADORA DE PIEDRA

1. NIVEL DE USO DE LA MAQUINARIA	Puntaje
No más de 4 horas por día	1
Entre 5 y 8 horas por día	2
Entre 9 y 12 horas por día	3
Entre 13 y 16 horas por día	4
Entre 17 y 24 horas por día	5
2. FRECUENCIA DE FALLA (Todo tipo de falla)	Puntaje
No más de 1 por año	1
Entre 2 y 15 por año	2
Entre 16 y 30 por año	3
Entre 31 y 50 por año	4
Más de 50 por año	5
3. TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR (MTTR)	Puntaje
Menos de 4 horas	1
Entre 4 y 8 horas	2
Entre 8 y 24 horas	3
Entre 24 y 48 horas	4
Más de 48 horas	5
4. IMPACTO SOBRE LA PRODUCCIÓN	Puntaje
No afecta la producción	1
25 % de impacto	3
50 % de impacto	5
75 % de impacto	7
100 % de impacto	10
5. REEMPLAZO DE EQUIPOS / ACCESORIOS	Puntaje
Si existe	1
Regular	2

6. COSTOS DE REPARACIÓN (MILES DE NUEVOS SOLES)	Puntaje
No origina ningún costo	0
Menos de mil	3
Entre mil y 3 mil	5
Entre 3 y 5 mil	10
Más de 5 mil	25
7. IMPACTO AMBIENTAL	Puntaje
No origina ningún impacto ambiental	0
Contaminación ambiental baja	5
Contaminación ambiental moderada, no rebasa los límites de la planta	10
Contaminación ambiental alta, incumplimiento de normas, quejas de la	25
8. IMPACTO EN SALUD Y SEGURIDAD DE PERSONAL	Puntaje
No origina heridas ni lesiones	0
Puede ocasionar lesiones o heridas leves no incapacitantes	5
Puede ocasionar lesiones o heridas graves con incapacidad temporal entre 30 días	10
Puede ocasionar lesiones con incapacidad superior a 30 días o incapacidad parcial permanente	25
9. IMPACTO EN LA CALIDAD DEL PRODUCTO FINAL	Puntaje
No ocasiona pérdidas económicas en las áreas (producción, ventas)	0
Puede ocasionar pérdidas económicas mayores de 100 < 500 nuevos soles	5
Puede ocasionar pérdidas económicas mayores de 500 < 1000 nuevos soles	10
Puede ocasionar pérdidas económicas mayores de 1000 mil nuevos soles	25
10. ASISTENCIA TÉCNICA	Puntaje
Si existe	1
Regular	2

Escaza	3
No existe	4

Escaza	3
No existe	4

ANEXO 4. MANDÍBULAS DE LA CHANCADORA

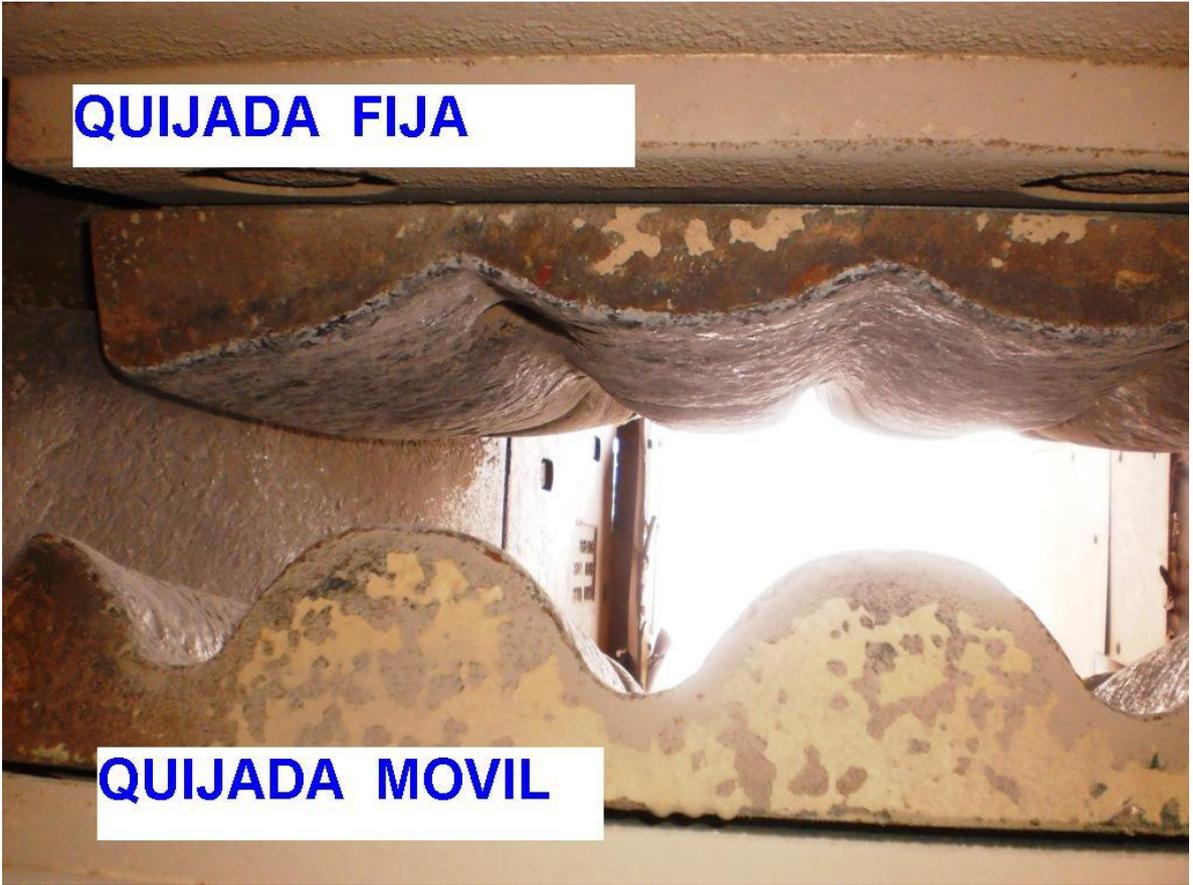


Figura 14. Mandíbulas de la chancadora de mandíbula



Figura 15. Piedra de grandes dimensiones porque las mandíbulas están desgastadas.



Figura 16. Mandíbulas desgastadas

**ANEXO 5. REFERENCIA
DE LA CHANCADORA DE
MANDÍBULAS.**

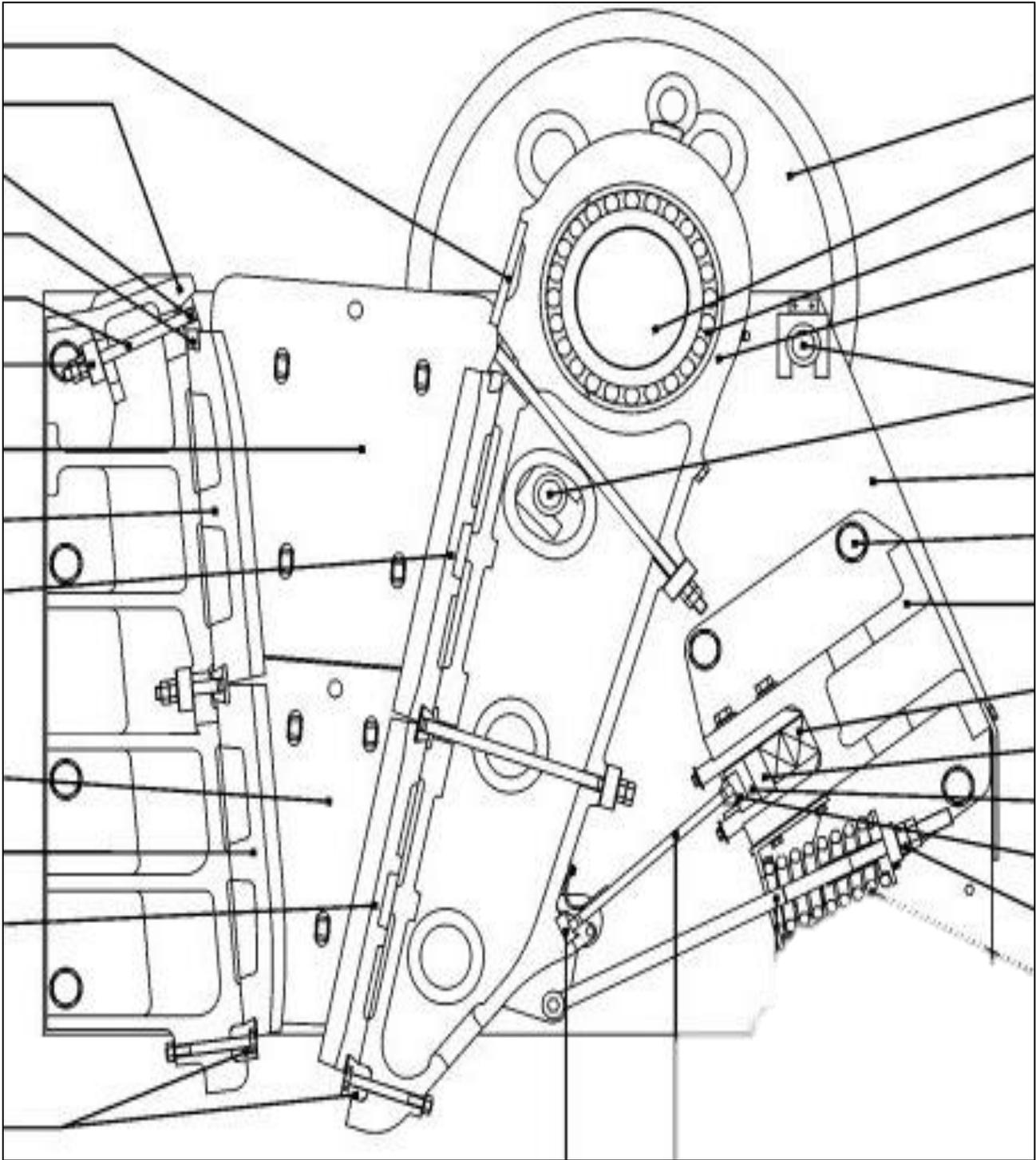


Figura 17. Referencia Chancadora de Mandíbula

ANEXO 6. REFERENCIA DE LA ZARANDA.

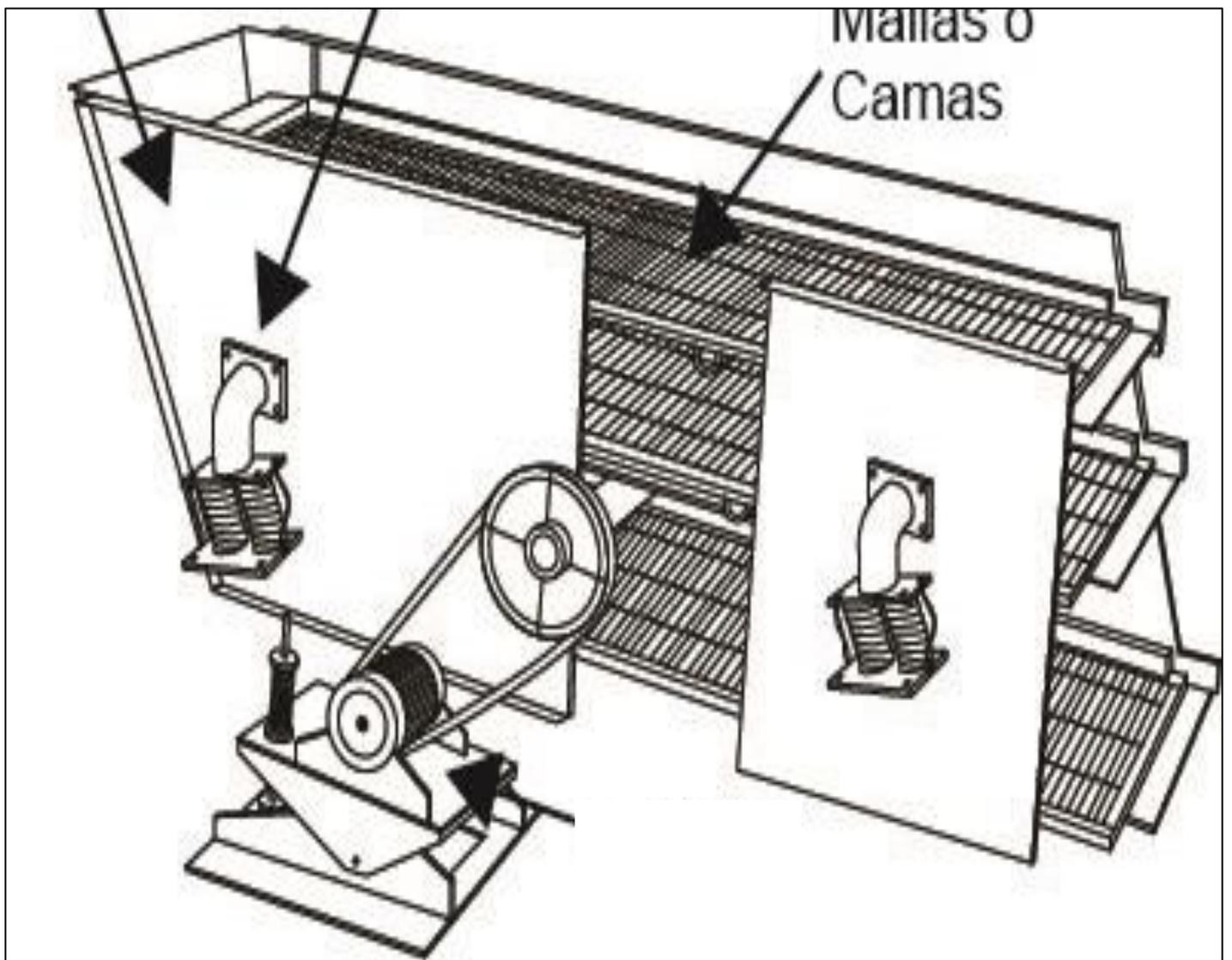


Figura 18. Referencia zaranda

ANEXOS 7.

PROCEDIMIENTO DE

MANTENIMIENTO

CORRECTIVO

PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO

EMPRESA: Planta Chancadora de Piedra

VERSIÓN: 1

VIGENCIA: 01/01/2019

CÓDIGO: P-M-MC

1. OBJETIVO

Contar con una metodología de trabajo que permita atender, controlar y realizar el mantenimiento correctivo de los equipos de la planta chancadora de piedra, con el propósito de realizar una correcta gestión de la información, recursos y personal.

2. ALCANCE

El procedimiento es aplicable para el mantenimiento correctivo de los equipos de producción críticos definidos.

3. RESPONSABILIDADES

3.1 Jefe de Producción

3.1.1 Informa falla del equipo en el momento que sucede al supervisor de mantenimiento.

3.1.2 Firma orden de trabajo dando por aceptado que el equipo se encuentra nuevamente operativo.

3.2 Supervisor de Mantenimiento

3.2.1 Solicita que se lleve a cabo el trabajo correspondiente indicando la falla. Para ello, abre una orden de trabajo de mantenimiento correctivo.

3.2.2 Designa técnico mecánico y/o eléctrico para levantar la falla del equipo.

3.2.3 Solicita los repuestos necesarios en almacén. guiándose del procedimiento de gestión de almacén de mantenimiento. código P-M-GA.

3.2.4 Supervisa los trabajos realizados.

3.2.5 Terminada la labor. cierra la orden de trabajo e informa al jefe de producción que el equipo ya se encuentra operativo.

3.2.6 Archiva orden de trabajo e ingresa la labor realizada a la base de datos. indicando el equipo. los trabajos realizados y personal responsable.

3.3 Técnicos de Mantenimiento

3.3.1 Realiza la labor mecánica / eléctrica correspondiente para dar solución a la falla o fallas del equipo.

3.4 Almacenero

3.4.1 Despacha los repuestos solicitados según el procedimiento de gestión de almacén de mantenimiento. código P-M-GA.

4. DEFINICIONES

4.1 Mantenimiento correctivo: Mantenimiento destinado a corregir fallas de emergencia.

4.2 Equipo: Máquina y/o activo necesaria para el funcionamiento de la maquinaria.

4.3 Orden de trabajo: Documento físico donde se detallan los trabajos realizados a detalle al equipo.

5. DOCUMENTOS APLICABLES

5.1 Formato de orden de trabajo. Código F-M-MT

6. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO

6.1 Jefe de Producción informa falla de equipo y solicita su atención de emergencia hacia el Supervisor de Mantenimiento.

6.2 Supervisor de Mantenimiento verifica solicitud de atención y abre una orden de trabajo de mantenimiento.

6.3 Supervisor de Mantenimiento delega los técnicos para realizar las funciones correspondientes para dar solución a la falla.

6.4 Técnicos (mecánicos y/o eléctricos) realizan la labor correspondiente para dar solución inmediata a la falla presentada.

6.5 En caso se requiera de algún repuesto, informan al Supervisor de Mantenimiento para la gestión de estos con almacén.

6.6 Supervisor de Mantenimiento solicita los repuestos necesarios para la labor, guiándose del procedimiento de gestión de almacén de mantenimiento, código P-M-GA.

6.7 Almacenero despacha los repuestos solicitados según el procedimiento de gestión de almacén de mantenimiento, código P-M-GA.

6.8 Supervisor de Mantenimiento supervisa los trabajos realizados por parte de los técnicos.

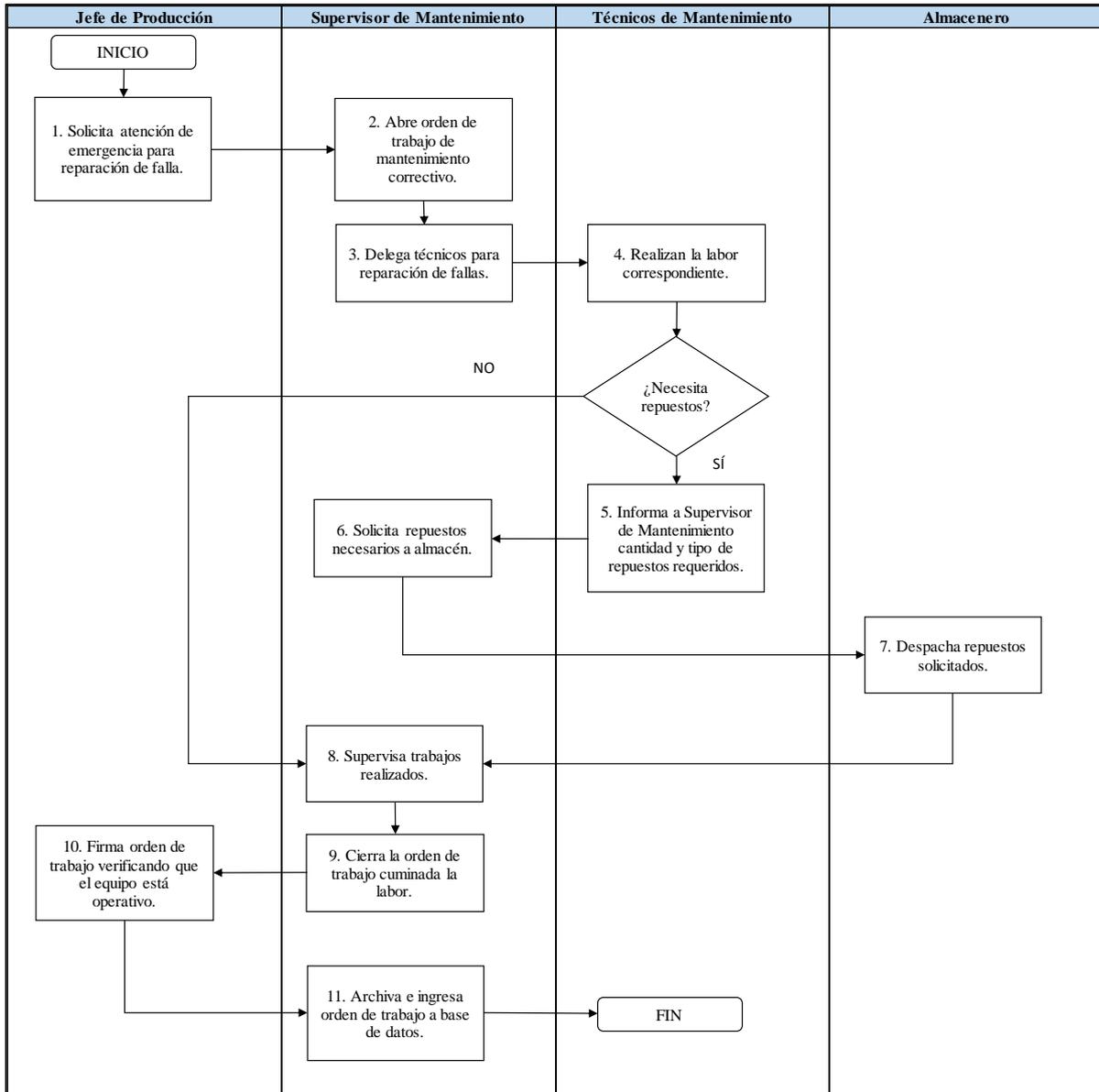
6.9 Culminada la labor, Supervisor de Mantenimiento cierra la orden de trabajo e informa al jefe de producción que el equipo ya se encuentra operativo.

6.10 Jefe de Producción firma de orden de trabajo verificando que el equipo está operativo y entrega orden de trabajo a Supervisor de Mantenimiento.

6.11 Supervisor de Mantenimiento archiva orden de trabajo e ingresa la labor realizada a la base de datos, indicando el equipo, los trabajos realizados y personal responsable.

7 FLUJOGRAMA

Figura 19. Flujoograma P-M-MC



8. REGISTRO Y APROBACIÓN

Realizado por: Omar Chávez Gaona – Tesista

Fecha y Firma: _____

Revisado por: Supervisor de Mantenimiento Planta Chancadora de Piedra

Firma: _____

Aprobado por: Gerente General Planta Chancadora de Piedra

Firma: _____

9. HOJA DE CONTROL DE CAMBIOS

Número de página	Descripción de cambios	Número de revisión

10. ANEXOS

Anexo 1: Formato de orden de mantenimiento Código F-M-MT

Planta Chancadora de Piedra		ORDEN DE MANTENIMIENTO				N° OT		
(1) INFORMACIÓN PARA ATENCIÓN				(2) INFORMACIÓN DEL EQUIPO <small>[Coordinar con usuario]</small>				
AVISO	Solicitado por:			Cód. Equipo		Fecha aviso:		
ORDEN	Sup. Mtto:			Modelo:		Hora aviso:		
(3) MOTIVO DE SOLICITUD								
(4) TIPO DE MANTENIMIENTO REALIZADO								
INSPECCIÓN	<input type="checkbox"/>	PREVENTIVO	<input type="checkbox"/>	CORRECTIVO	<input type="checkbox"/>	MEJORAS	<input type="checkbox"/>	
OTROS	<input type="checkbox"/>							
(5) DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LOS TRABAJOS REALIZADOS								
DATOS GENERALES (5.1)			DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LOS TRABAJOS REALIZADOS (5.2)					
Turno:	Día () Noche ()		Marcar sistema y escribir avería encontrada y cómo fue reparado (actividades, recursos, cantidades)					
Lugar:	Taller () Campo ()							
Fecha ATENCIÓN:			SISTEMA	DESCRIPCIÓN				
Hora ATENCIÓN:	(AM) (PM)		() Mecánico					
Fecha ENTREGA:			() Eléctrico					
Hora ENTREGA:	(AM) (PM)		() Lubricación					
REPUESTOS / FLUIDOS (5.3)			() Hidráulico					
			() Estructura					
Cantidad		() Electrónico						
1		() Neumático						
2		() Otro						
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
N° VALE MANUAL (5.4)								
DESCRIPCIÓN DE PERSONAL INVOLUCRADO Y COMENTARIOS FINALES (6)								
COMENTARIOS FINALES (6.1)			PERSONAL ASIGNADO (6.2)					
Del equipo, métodos, herramientas y recomendaciones:			Nombre y Apellido	Fecha	Turno	Hora Inicio	Hora Fin	Firma

FIRMAS (7)

.....
Nombre y Firma Sup. Mantto.

.....
Nombre y Firma Téc. Responsable

.....
Nombre y Firma Solicitante

ANEXO 8.

PROCEDIMIENTO DE

MANTENIMIENTO

PREVENTIVO

PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

EMPRESA: Planta Chancadora de Piedra

VERSIÓN: 1

VIGENCIA: 01/01/2019

CÓDIGO: P-M-MP

1. OBJETIVO

Contar con una metodología de trabajo que permita planificar, controlar y realizar el mantenimiento preventivo de los equipos de la planta chancadora de piedra, con el propósito de realizar una correcta gestión de la información, recursos y personal.

2. ALCANCE

El procedimiento es aplicable para el mantenimiento preventivo de los equipos de producción críticos definidos.

3. RESPONSABILIDADES

3.1 Jefe de Producción

3.1.1 Aprueba disponibilidad de equipo según plan para la realización del mantenimiento

3.1.2 Firma orden de trabajo dando por aceptado que el equipo pasó por mantenimiento preventivo programado y se encuentra netamente operativo.

3.2 Supervisor de Mantenimiento

3.2.1 Elabora plan de mantenimiento preventivo programado de manera anual y lo desliga de manera mensual y semanal.

3.2.2 Designa técnico mecánico y/o eléctrico para realizar los trabajos planificados.

3.2.3 Solicita los repuestos necesarios en almacén. guiándose del procedimiento de gestión de almacén de mantenimiento. código P-M-GA.

3.2.3 Abre la orden de trabajo para la realización del mantenimiento preventivo programado.

3.2.4 Supervisa los trabajos realizados.

3.2.5 Terminada la labor. cierra la orden de trabajo e informa al jefe de producción que el equipo ya se encuentra operativo.

3.2.6 Archiva orden de trabajo e ingresa la labor realizada a la base de datos. indicando el equipo. los trabajos realizados y personal responsable.

3.3 Técnicos de Mantenimiento

3.3.1 Realiza la labor mecánica / eléctrica correspondiente para dar cumplimiento al programa de mantenimiento preventivo.

3.4 Almacenero

3.4.1 Despacha los repuestos solicitados según el procedimiento de gestión de almacén de mantenimiento. código P-M-GA.

4. DEFINICIONES

4.1 Mantenimiento preventivo: Mantenimiento destinado a prevenir fallas en el equipo.

4.2 Equipo: Máquina y/o activo necesaria para el funcionamiento de la maquinaria.

4.3 Orden de trabajo: Documento físico donde se detallan los trabajos realizados a detalle al equipo.

4.4 Residuo: Material que no tiene valor de uso directo y que es descartado por el usuario.

5. DOCUMENTOS APLICABLES

5.1 Formato de orden de trabajo. Código F-M-MT

5.2 Plan de mantenimiento preventivo

6. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO

6.1 Supervisor de Mantenimiento elabora plan de mantenimiento preventivo programado de manera anual y lo desliga de manera mensual y semanal.

6.2 Jefe de Producción aprueba disponibilidad de equipo según plan para la realización del mantenimiento.

6.3 Aprobada la fecha y hora. el Supervisor de Mantenimiento designa técnico mecánico y/o eléctrico para realizar los trabajos planificados.

6.4 Supervisor de Mantenimiento abre la orden de trabajo para la realización del mantenimiento preventivo programado.

6.5 Supervisor de Mantenimiento solicita los repuestos necesarios en almacén. guiándose del procedimiento de gestión de almacén de mantenimiento. código P-M-GA

6.6 Almacenero despacha los repuestos solicitados según el procedimiento de gestión de almacén de mantenimiento. código P-M-GA.

6.7 Técnicos de Mantenimiento realiza la labor mecánica / eléctrica correspondiente para dar cumplimiento al programa de mantenimiento preventivo.

6.8 Supervisor de Mantenimiento supervisa los trabajos realizados por parte de los técnicos.

6.9 Culminada la labor. Supervisor de Mantenimiento cierra la orden de trabajo e informa al jefe de producción que el equipo ya se encuentra operativo.

6.10 Almacenero almacena residuos de los trabajos realizados para su posterior disposición.

6.11 Jefe de Producción firma de orden de trabajo verificando que el equipo ha pasado por mantenimiento preventivo y se encuentra operativo; luego entrega orden de trabajo a Supervisor de Mantenimiento.

8. REGISTRO Y APROBACIÓN

Realizado por: Omar Chávez Gaona – Tesista

Fecha y Firma: _____

Revisado por: Supervisor de Mantenimiento Planta Chancadora de Piedra

Firma: _____

Aprobado por: Gerente General Planta Chancadora de Piedra

Firma: _____

9. HOJA DE CONTROL DE CAMBIOS

Número de página	Descripción de cambios	Número de revisión

ANEXO 9.

**PROCEDIMIENTO DE
GESTIÓN DE ALMACÉN**

PROCEDIMIENTO DE GESTIÓN DE ALMACÉN

EMPRESA: Planta Chancadora de Piedra

VERSIÓN: 1

VIGENCIA: 01/01/2019

CÓDIGO: P-M-GA

1. OBJETIVO

Determinar los lineamientos para el requerimiento de materiales de almacén de mantenimiento.

2. ALCANCE

El procedimiento es aplicable para el mantenimiento correctivo de los equipos de producción críticos definidos.

3. RESPONSABILIDADES

3.1 Jefe de Producción

3.1.1 Aprueba el retiro de materiales. firmando solicitud.

3.2 Supervisor de Mantenimiento

3.2.1 Llena solicitud de materiales para el mantenimiento preventivo y/o correctivo.

3.2.2 Verifica que los materiales despachados este de acuerdo al vale.

3.3 Técnicos de Mantenimiento

3.3.1 Retira material de almacén.

3.3.2 Se cercioran de cuidar el material entregado y usarlo correctamente.

3.4 Almacenero

3.4.1 Recibe solicitud de materiales firmada por el Supervisor de Mantenimiento y Jefe de Producción.

3.4.2 Llena el vale de salida de mercancías y despacha materiales.

3.4.3 Lleva un control de las entradas y salidas y comunica constantemente stocks a área administrativa.

4. DEFINICIONES

4.1 Mantenimiento correctivo: Mantenimiento destinado a corregir fallas de emergencia.

4.2 Mantenimiento preventivo: Mantenimiento destinado a prevenir fallas en el equipo.

4.3 Equipo: Máquina y/o activo necesaria para el funcionamiento de la maquinaria.

4.4 Vale de salida de mercancías: Registro manual para el control de despacho de materiales.

4.5 Solicitud de materiales. Formato donde se detallan los materiales requeridos. firmado por los involucrados en el proceso de mantenimiento preventivo y correctivo.

5. DOCUMENTOS APLICABLES

5.1 Solicitud de requerimiento de material. Código F-M-GA

6. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO

6.1 Supervisor de Mantenimiento llena solicitud de materiales para el mantenimiento preventivo y/o correctivo y se la entrega al Jefe de Producción para su aprobación.

6.2 Jefe de Producción aprueba el retiro de materiales. firmando solicitud. Luego la entrega al Supervisor de Mantenimiento.

6.3 Almacenero recibe por parte del Supervisor de Mantenimiento la solicitud de materiales firmada por el Supervisor de Mantenimiento y Jefe de Producción.

6.4 Almacenero llena el vale de salida de mercancías y despacha materiales.

6.5 Supervisor de Mantenimiento verifica que los materiales despachados este de acuerdo al vale y ordena a técnicos su retiro.

6.6 Técnico de mantenimiento retira material de almacén.

6.7 Almacenero lleva un control de las entradas y salidas y comunica constantemente stocks a área administrativa.

6.8 Técnico de mantenimiento se cercioran de cuidar el material entregado y usarlo correctamente.

7. FLUJOGRAMA

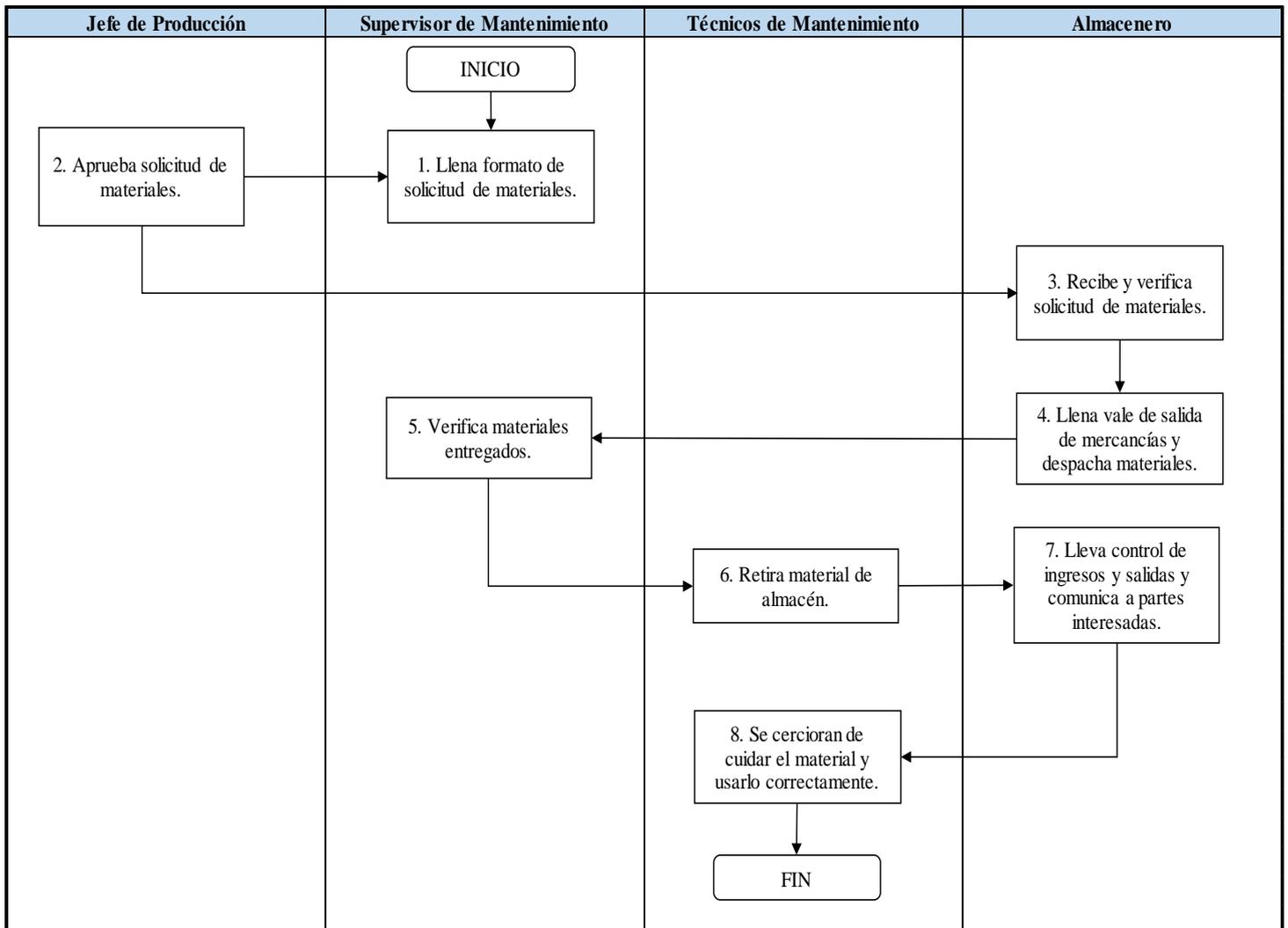


Figura 21 Flujoograma procedimiento gestión de almacén

8. REGISTRO Y APROBACIÓN

Realizado por: Omar Chávez Gaona – Tesista

Fecha y Firma: _____

Revisado por: Supervisor de Mantenimiento Planta Chancadora de Piedra

Firma: _____

Aprobado por: Gerente General Planta Chancadora de Piedra

Firma: _____

9. HOJA DE CONTROL DE CAMBIOS

Número de página	Descripción de cambios	Número de revisión

10. ANEXOS

Anexo 1: Formato de solicitud de requerimiento de materiales F-M-GA

Planta Chancadora de Piedra		SOLICITUD DE MATERIALES			N° SOL.								
(1) INFORMACIÓN PARA ATENCIÓN			(2) INFORMACIÓN DEL EQUIPO										
Solicitado por:			Cód. Interno:		Fecha requerimiento:								
Puesto del solicitante:			Flota y modelo:		Hora requerimiento:								
(3) MOTIVO DE SOLICITUD													
(4) TIPO DE MANTENIMIENTO REALIZADO													
INSPECCIÓN	<input type="checkbox"/>	PREVENTIVO PROGRAMADO	<input type="checkbox"/>	PREVENTIVO	<input type="checkbox"/>	CORRECTIVO PROGRAMADO	<input type="checkbox"/>	CORRECTIVO EMERGENCIA	<input type="checkbox"/>	MEJORAS	<input type="checkbox"/>	OTROS	<input type="checkbox"/>
(5) LISTA DE REQUERIMIENTOS													
	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL					UNIDAD	CANTIDAD						
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
DESCRIPCIÓN DE PERSONAL INVOLUCRADO Y COMENTARIOS FINALES (6)													
COMENTARIOS FINALES (6.1)			PERSONAL ASIGNADO PARA RECIBIR MATERIALES (6.2)										
			Nombre y Apellido	Fecha:	Hora:	Firma:							
FIRMAS (7)													
								
		Nombre y Firma Sup. Mantto.		Nombre y Firma Téc. Responsable		Nombre y Firma Jefe de Producción							

Figura 22. Formato de solicitud de materiales

Planta Chancadora de Piedra		VALE DE SALIDA DE MERCANCÍAS		N° VALE:	
(1) INFORMACIÓN PARA ATENCIÓN			(2) INFORMACIÓN DEL EQUIPO		
Nombre Almacenero:			Solicitado por:		
Fecha de despacho:			Técnico responsable:		
(3) LISTA DE SALIDAS					
	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD SOLICITADA	CANTIDAD RETIRADA	
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

FIRMAS (4)

.....
 Nombre y Firma Sup. Mantto. Nombre y Firma Téc. Responsable Nombre y Firma Almacenero

Figura 23. Formato de vale de salida de mercancías

ANEXO 10. HOJAS DE RUTA

Chancadora de Mandíbulas						
Fecha inicio:		Hora de inicio:		(AM)		
		(PM)				
Fecha de fin:		Hora de fin:		(AM) (PM)		
Supervisor responsable:		Fecha de próximo mantenimiento:				
N°/ Compon ente	CHUTE DE DESCARGA	Marcar		OBSERVACIONES / ACCIONAR A TOMAR		
		OK	MAL O			
1	Inspeccionar estado del chute de descarga					
2	Limpiar el area obtruida					
3	Sustutir chute de descarga por uno nuevo					
POLEA		OK	MAL O	OBSERVACIONES / ACCIONAR A TOMAR		
4	Inspeccionar torque de pernos y elongacion de faja					
5	Cambiar polea y faja					
MANDIBULAS		OK	MAL O	OBSERVACIONES / ACCIONAR A TOMAR		
6	Evaluar desgaste de mandíbulas según las dimensiones (6-7 cm de largo) de las piedras trituradas después del proceso					
7	Cambiar mandíbulas según manual de apoyo					
CUÑA SUPERIOR		OK	MAL O	OBSERVACIONES / ACCIONAR A TOMAR		
8	Inspeccionar estado de la cuña superior					
9	Cambiar cuña superior cuando sea necesario					
RESORTE DE TENSION		OK	MAL O	OBSERVACIONES / ACCIONAR A TOMAR		
10	Evaluar estado de resorte de tensión					
11	Cambiar resorte de tensión					
COMPONENTES:						
N°	Descripción	Nro. Parte	UND	Cant. Programada	Cant. Usada	
Nombre y firma Supervisor		Nombre y firma téc. Responsable		Nombre y firma Jefe de Taller		

Figura 24. Hoja de ruta para el Mantenimiento Preventivo de la Chancadora de Mandíbulas

Chancadora Cónica PYZ						
Fecha inicio:		Hora de inicio: (AM) (PM)				
Fecha de fin:		Hora de fin: (AM) (PM)				
Supervisor responsable: _____		Fecha de próximo mantenimiento:				
N°/ Compo nente	CORONA	Marcar		OBSERVACIONES / ACCIONAR A TOMAR		
		OK	MALO			
1	Inspeccionar estado y desgaste de corona					
2	Lubricar corona según manual de apoyo					
MANTO		OK	MALO	OBSERVACIONES / ACCIONAR A TOMAR		
4	Inspeccionar las condiciones del manto					
5	Cambiar manto según manual de apoyo					
FILTRO DE ACEITE		OK	MALO	OBSERVACIONES / ACCIONAR A TOMAR		
6	Cambiar filtros según indicaciones del manual de apoyo					
EJE CONICO EXCENTRICO		OK	MALO	OBSERVACIONES / ACCIONAR A TOMAR		
7	Inspeccionar eje excéntrico					
8	Cambiar eje principal cuando presente fracturas					
EJE DE TRANSMISION		OK	MALO	OBSERVACIONES / ACCIONAR A TOMAR		
9	Inspeccionar estado del eje de transmision					
10	Cambiar eje de transmision según manual de apoyo					
COMPONENTES:						
N°	Descripción	Nro. Parte	UND	Cant. Programada	Cant. Usada	
_____ Nombre y firma Supervisor		_____ Nombre y firma téc. Responsable		_____ Nombre y firma Jefe de Taller		

Figura 25. Hoja de ruta para el Mantenimiento Preventivo de la Cónica PYZ

Zaranda						
Fecha inicio:			Hora de inicio: (AM) (PM)			
Fecha de fin:			Hora de fin: (AM) (PM)			
Supervisor responsable:			Fecha de próximo mantenimiento:			
N°/ Compon ente	CHUTE DE DESCARGA DE FINOS	Marcar		OBSERVACIONES / ACCIONAR A TOMAR		
		OK	MALO			
1	Inspeccionar diariamente el chute de descarga de finos y de gruesos					
2	Cambiar chute de descarga cuando está presente deformaciones					
CHUTE DE DESCARGA DE GRUESO		OK	MALO	OBSERVACIONES / ACCIONAR A TOMAR		
4	Inspeccionar diariamente el chute de descarga de finos y de gruesos					
5	Cambiar chute de descarga cuando está presente deformaciones					
MALLA DE 1/2		OK	MALO	OBSERVACIONES / ACCIONAR A TOMAR		
6	Inspeccionar la integridad de la malla					
7	Cambiar malla correspondiente considerando el espacio de pase de grano para la piedra de 1/2					
MALLA DE 3/4		OK	MALO	OBSERVACIONES / ACCIONAR A TOMAR		
8	Inspeccionar la integridad de la malla					
9	Cambiar malla correspondiente considerando el espacio de pase de grano para la piedra de 3/4					
COMPONENTES:						
N°		Descripción	Nro. Parte	UND	Cant. Programa da	Cant. Usada
_____		_____		_____		
Nombre y firma Supervisor		Nombre y firma técn. Responsable		Nombre y firma Jefe de Taller		