



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA

Implementación de un plan de mantenimiento para la planta de chancado
Sojo a fin de aumentar la productividad de piedra triturada

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Rodriguez Hernandez, Juan Carlos (ORCID: 0000-0003-0015-9102)

ASESOR:

ING. Julca Verástegui, Luis (ORCID: 0000-0001-5158-2686)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistemas y planes de Mantenimiento

TRUJILLO – PERÚ

2021

Dedicatoria

El presente trabajo de investigación está dedicado a mi esposa quien ha sido la persona más importante durante este tiempo de formación académica, por estar siempre a mi lado y darme fuerza, ánimo y ser mi soporte principal para conseguir lograr la meta propuesta, por brindarme su apoyo incondicional. A mis hijos que son la segunda gran fuerza detrás de todo este proceso de formación profesional.

Agradecimiento

A Dios en un principio por mantenernos con salud en estos tiempos tan críticos debido a las circunstancias actuales, a mi esposa María Elena, a mis hijos Juan Carlos, Carlos Jumar, María Eugenia, Carlos Neymar, a mis segundos padres Eugenio y Belia, a mis profesores y compañeros de la Universidad con quienes se ha compartido todos estos años de la carrera, a los docentes que están detrás de este trabajo por su paciencia, respaldo y motivación para no claudicar en este proceso de investigación y concluir la tesis con éxito.

Resumen

La presente tesis tiene como propósito principal Implementar un plan de mantenimiento para aumentar la producción de piedra triturada en la planta de chancado Sojo. Esto debido a que no se obtiene los índices de producción proyectados, para ello se inicia el proceso de investigación definiendo la realidad problemática existente en la planta, notando que no se consigue las cantidades propuestas, porque existe una gran cantidad de paradas imprevistas por fallas en los equipos, basándonos en esta situación se evalúa las condiciones actuales, obteniendo indicadores iniciales de mantenimiento y producción para posteriormente elaborar matriz de criticidad por riesgo basada en criterios de producción, operación, tiempos de reparación, medio ambiente, calidad y costos cada una con su respectiva ponderación, obteniendo la consecuencia, frecuencia y con la multiplicación de ambas se define el grado de **criticidad**, determinando que el resultado mayor a 26 es considerado equipo crítico, encontrando 03 equipos con esta condición, de los cuales 01(Cargador Frontal 950 H) se evalúa de manera independiente debido a la excesiva cantidad de fallas, que generan sobrecostos y sería excluido del análisis y como propuesta se determina ingresarlo a un programa CCR, servicio ejecutado en una empresa concesionaria de Caterpillar. Y los otros 02 (Chancadora Pegson, Zaranda Simplicity) son sometidos al análisis de hojas A.M.E.F. realizándole un estudio a cada subsistema, y en base a criterios de ocurrencia, consecuencia y detección se determina el NPR (Número de Prioridad por Riesgo) considerando un valor por cada falla potencial, establecido en 03 escalas que definen la característica de la falla siendo estas: Inaceptable; Reducción deseable y Aceptable además se considera bajar de una posición a otra efectuando las intervenciones correctas de mantenimiento a cada avería, posterior a esto se elabora programa de tareas y acciones para ejecutar mantenimiento preventivo y predictivo, así mismo se adquiere instrumentos de predicción como parte de la implementación. Consiguiendo la mejora de los indicadores (MTBF, MTTR, Disponibilidad, Confiabilidad, Productividad), finalizando con la elaboración del análisis económico de la inversión para determinar si la implementación es viable en el tiempo consiguiendo resultados favorables.

Palabra Claves: Plan de Mantenimiento, Criticidad, CCR, AMEF, NPR, MTBF, MTTR, Productividad.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	1
AGRADECIMIENTO	2
RESUMEN.....	3
ABSTRACT.....	4
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	5
I. INTRODUCCIÓN	8
II. MARCO TEORICO	13
PRODUCTIVIDAD:	25
III METODOLOGIA	25
3.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	25
3.2. VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN.....	26
3.2.1. Variables Independiente	26
3.2.2. Variables Dependientes	26
3.2.3. Operacionalización de variables independientes y dependientes.....	26
3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO	26
3.3.1. Población.....	26
3.3.2. Muestra.....	26
3.3.3. Muestreo.....	26
El muestreo para la presente tesis es de tipo aleatorio, ya que la investigación considera el analisis de una linea de producción de piedra triturada.	26
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	26
3.4.1. Recopilación Bibliográfica	27
3.4.2. Pruebas Mediante Instrumentos Electrónicos de medición	27
3.4.3. Observación Directa.....	27
3.4.4. Entrevistas con el Personal.....	27
3.5. PROCEDIMIENTO.....	28
3.6. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS.....	30
3.6.1. Diagramas de Flujos	30
3.6.2. Planos Mecánicos, Eléctricos, Electrónicos	30
3.6.3. Graficas de Control	30
3.7. ASPECTOS ÉTICOS	30
3.7.1. Originalidad:	30
IV. RESULTADOS.....	30
4.1. Funcionamiento y operación del equipo	30

4.2. Recopilación de información del estado actual de producción y mantenimiento.	38
4.3.1. MATRIZ DE ANALISIS DE CRITICIDAD CUANTITATIVO POR RIESGO	48
4.4. Evaluación de las mejoras propuestas para establecer el plan de mantenimiento implementado.	51
4.4.2.1. HOJAS A.M.E.F. Y N.P.R. DE EQUIPOS CRITICOS: A CONTINUACIÓN, EN HOJAS ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA, NUMERO NPR	55
V.- DISCUSIONES.....	78
5.1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN PARA EVALUAR CONDICIONES INICIALES.	78
5.2. EFECTUAR ANÁLISIS DE CRITICIDAD A EQUIPOS DE PLANTA.	79
5.3. APLICAR LA MEJOR METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO A IMPLEMENTAR.	79
5.4. EFECTUAR CRONOGRAMAS DE TAREAS DE MANTENIMIENTO.	80
5.5. DETERMINAR EL AUMENTO DE LA PRODUCCIÓN EN BASE A LA IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO.....	81
5.6. EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PLAN IMPLEMENTADO	81
VI.- CONCLUSIONES.....	82
VII.- RECOMENDACIONES.....	83
REFERENCIAS	84
ANEXO 1.- MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.	83
ANEXO 2.- INSTRUMENTOS DE VALIDACIÓN – JUICIO DEL EXPERTO	84
ANEXO 3.- MATRIZ DE INFORMACIÓN DE CHECK LIST (REPORTE DE MANTENIMIENTO).....	86
ANEXO 4.- CARACTERÍSTICAS DE EQUIPOS CRÍTICOS Y ALTERNATIVAS:	99

INDICE DE TABLAS

TABLA: 01,	EQUIPOS DE PLANTA DE CHANCADO SOJO.....	9
TABLA: 02,	TABLA DE PRODUCCIÓN REAL, HORAS LABORALES Y HORAS DE PARADA.....	38
TABLA: 03,	PRODUCCIÓN REAL, PRODUCCIÓN SIN PARADAS Y DÉFICIT DE PRODUCCIÓN	40
TABLA: 04,	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA CANTIDAD DE FALLAS POR EQUIPOS.....	42
TABLA: 05,	VALORACIÓN DEL CRITERIO FRECUENCIA DE FALLA	44
TABLA: 06,	VALORACIÓN DEL CRITERIO SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	45
TABLA: 07,	VALORACIÓN DE CRITERIO DE CONTROL DE CALIDAD	45
TABLA: 08,	VALORACIÓN DE CRITERIO DE COSTOS DE REPARACIÓN.....	45
TABLA: 09,	VALORACIÓN DE CRITERIOS DE NIVEL DE PRODUCCIÓN	46
TABLA: 010,	VALORACIÓN DE CRITERIO DE TIEMPO MEDIO DE REPARACIÓN.....	46
TABLA: 011,	ESCALA DE COLORES Y VALORACIONES.....	46
TABLA: 012,	MATRIZ DE ANÁLISIS DE CRITICIDAD POR RIESGO	49
TABLA: 013,	DESCRIPCIÓN DE FALLAS EN CHANCADORA CÓNICA PEGSON	51
TABLA: 014,	INDICADORES DE MANTENIMIENTO CHANCADORA CÓNICA PEGSON	52
TABLA: 015,	DESCRIPCIÓN DE FALLAS EN ZARANDA VIBRATORIA SIMPLICITY.....	53

TABLA: 016,	INDICADORES DE MANTENIMIENTO DE ZARANDA VIBRATORIA SIMPLICITY	54
TABLA: 017,	INDICADORES CHANCADORA PEGSON	69
TABLA: 018,	INDICADORES PARA ZARANDA VIBRATORIA SIMPLICITY.....	70
TABLA: 019,	PRODUCCIÓN PROMEDIO POR HORA - ESTADO INICIAL	70
TABLA: 020,	VALORES INICIALES PARA DETERMINAR PRODUCTIVIDAD.....	72
TABLA: 021,	VALORES ACTUALES PARA DETERMINAR LA NUEVA PRODUCTIVIDAD	72
TABLA: 022,	BENEFICIO DEBIDO A LA REDUCCIÓN DE HORAS PERDIDAS.....	75
TABLA: 023,	COSTOS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO EN LA MAQUINARIA	76
TABLA: 024,	COSTOS POR IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	77
TABLA: 025,	RESUMEN COSTOS DE MANTENIMIENTO	77
TABLA: 026,	INVERSIÓN EN ACTIVOS FIJOS.....	78
TABLA: 027,	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	83

INDICE DE GRAFICOS Y FIGURAS

FIGURA : 1 ,	CHANCADORA CÓNICA PEGSON AUTOCONO 900	17
FIGURA : 2 ,	FAJA TRANSPORTADORA FINLAY	17
FIGURA : 3 ,	CHANCADORA DE QUIJADAS TRIO.....	18
FIGURA : 4 ,	ZARANDA VIBRATORIA FACSOL	18
FIGURA : 5 ,	PANEL DE CONTROL TOUCH SCREEN ASRI CHANCADORA SANDVIK CH 430	19
FIGURA : 6 ,	PLC MODULAR SIEMENS	20
FIGURA : 7 ,	SENSOR INDUCTIVO	21
FIGURA : 8 ,	ACELERÓMETROS	21
FIGURA : 9 ,	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE.....	22
FIGURA : 10 ,	MULTÍMETRO DIGITAL FLUKE	23
FIGURA : 11 ,	DIAGRAMA DEL PROCESO DE EJECUCIÓN DE LA TESIS	29
FIGURA : 12 ,	PLANTA DE CHANCADO SOJO	31
FIGURA : 13 ,	TOLVA PRIMARIA ABASTECIMIENTO DE OVER	32
FIGURA : 14 ,	ALIMENTADOR VIBRATORIO	32
FIGURA : 15 ,	FAJA INCLINADA 1.....	33
FIGURA : 16 ,	ZARANDA VIBRATORIA FACSOL 1	34
FIGURA : 17 ,	CHANCADORA DE QUIJADAS TRIO.....	34
FIGURA : 18 ,	ZARANDA VIBRATORIA FACSOL 2	35
FIGURA : 19 ,	CHANCADORA CÓNICA PEGSON.....	36
FIGURA : 20 ,	ZARANDA VIBRATORIA SIMPLICITY	36
FIGURA : 21 ,	FAJAS TRANSPORTADORAS INCLINADAS DESCARGA DE PRODUCTOS FINALES.....	37
FIGURA : 22 ,	GRAFICA DE PRODUCCIÓN REAL VS. PRODUCCIÓN SIN PARADAS	41
FIGURA : 23 ,	CANTIDAD DE FALLAS POR EQUIPÓ	43
FIGURA : 24 ,	CORTE TRANSVERSAL CHANCADORA CÓNICA PEGSON	55
FIGURA : 25 ,	ORGANIGRAMA INICIAL DE PLANTA DE CHANCADO SOJO	64
FIGURA : 26 ,	ORGANIGRAMA ACTUAL DE PLANTA DE CHANCADO SOJO.....	65
FIGURA : 27 ,	GRAFICA DE LA PRODUCTIVIDAD ACTUAL VS. LA INICIAL	73

Abstract

The main purpose of this thesis is to implement a maintenance plan to increase the production of crushed stone at the Sojo crushing plant. This is due to the fact that the projected production indices are not obtained, for this the investigation process begins defining the problematic reality existing in the plant, noting that the proposed quantities are not achieved, because there is a large number of unforeseen stops due to failures in The equipment, based on this situation, the current conditions are evaluated, obtaining initial indicators of maintenance and production to later elaborate a criticality matrix for risk based on criteria of production, operation, repair times, environment, quality and costs, each one with its own respective weighting, obtaining the consequence, frequency and with the multiplication of both, the degree of criticality is defined, determining that the result greater than 26 is considered critical equipment, finding 03 equipment with this condition, of which 01 (950 H Front Loader) is evaluated independently due to the excessive number of failures, which generate over costs and would be excluded from the analysis and as a proposal it is determined to enter it into a CCR program, a service executed in a Caterpillar concessionaire company. And the other 02 (Crusher Pegson, Zaranda Simplicity) are subjected to the analysis of A.M.E.F. Carrying out a study to each subsystem, and based on criteria of occurrence, consequence and detection, the NPR (Risk Priority Number) is determined considering a value for each potential failure, established in 03 scales that define the characteristic of the failure, these being : Unacceptable; Desirable and Acceptable reduction, it is also considered to go down from one position to another, carrying out the correct maintenance interventions for each breakdown, after which a program of tasks and actions is elaborated to execute preventive and predictive maintenance, as well as prediction instruments are acquired as part of the implementation. Achieving the improvement of the indicators (MTBF, MTTR, Availability, Reliability, Productivity), ending with the development of the economic analysis of the investment to determine if the implementation is viable over time, achieving favorable results.

Keywords: Maintenance Plan, Criticality, CCR, FMEA, NPR, MTBF, MTTR, Productivity.

I. INTRODUCCIÓN

En el mundo industrial de hoy en día, se tiene como tendencia el estar digitalizando constantemente los procesos y rutinas diarias, aunque gran parte de las plantas industriales están aún algo atrasadas respecto de la tecnología actual. Se puede decir que el atraso es muy notorio en el área de mantenimiento donde existen sistemas operativos de vieja data, falta de conocimiento de nuevas tecnologías y conceptos convencionales en cuanto al mantenimiento (Editorial Control, 2019). Una estrategia típica del mantenimiento en una planta consiste en realizar un mantenimiento de rutina planificado, que se vuelve correctivo una vez que el equipo falla y causa problemas de confiabilidad y disponibilidad. Es en ese momento que el área de mantenimiento procede a reemplazar el repuesto, si lo tiene disponible, o de lo contrario acelera su pedido a logística, mientras tanto, el proceso muchas veces se detiene (Editorial Control, 2019). Aunque el mantenimiento y la tecnología actual cada vez son más inteligentes incorporando funciones, como autodiagnóstico y monitoreo de condiciones, la mayoría de las plantas no la aprovechan, desafortunadamente el 97% de los datos de los instrumentos electrónicos inteligentes no se utilizan (Editorial Control, 2019). Hoy en día, la complejidad de las máquinas y sus procesos industriales obliga a las empresas a integrarse a la vanguardia tecnológica siendo una de las necesidades principales poder tener el control de toda la operación y producción en tiempo real, pero es de gran importancia indicar que la gran mayoría de empresas está dejando de forma aislada el tratar de aplicar tecnologías modernas al mantenimiento y prefiere continuar con el uso de los sistemas tradicionales (Martinez Garcia, 2015).

La empresa Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L. (DINO S.R.L) es una empresa que no está ajena a lo antes mencionado a pesar de contar con una gran cantidad de maquinarias industriales de producción masiva y de costo elevado, pues estas sufren consecuencias graves al no contar con un mantenimiento adecuado. Dichas maquinarias se encuentran distribuidas en 06 departamentos del Perú (Filiales) como son: Ancash, La libertad, Lambayeque, Piura, Cajamarca, San Martin. DINO S.R.L. es una empresa industrial dedicada a la comercialización y producción de tipos de cementos, productos derivados de caliza, comercialización y distribución de productos de ferretería, dosificado y venta de concretos premezclados, fabricación de bloques de concreto y productos prefabricados pesados (DINO SRL,

2000). Una de sus unidades operativas es la producción de agregados triturados de medidas de 3/8 in, 1/2 in, 3/4 in, los que son derivados del proceso de chancado de piedra, Dicha piedra es extraída de la cantera, ubicada en el distrito de Sojo que pertenece a la provincia de Sullana, ambos ubicados en el departamento de Piura. La empresa DINO S.R.L. con la finalidad de cubrir la demanda de agregados solicitada por sus otras áreas operativas (concreto premezclado y productos prefabricados) se ha visto a bien por estrategia el brindar la cantera y maquinaria a la empresa RANTON S.A.C. para que ella efectuó labores de extracción y trituración de acuerdo a solicitud de sus requerimientos y este cumpla con todas los estándares y recomendaciones de control de calidad en el producto terminado.

A continuación, en tabla 01 se detalla los equipos brindados a RANTON S.A.C. por parte de DINO S.R.L.

EQUIPOS DE PLANTA DE CHANCADO SOJO				
ITEM	DESCRIPCIÓN	MARCA	PRODUCCIÓN/ CAPACIDAD NOMINAL	AÑO DE FABRICACIÓN
1	TOLVA PRIMARIA	INDUSER	36 m ³	2010
2	ALIMENTADOR VIBRATORIO	INDUSER	40 t/h	2010
3	FAJA INCLINADA 1 - ALIMENTACIÓN OVER / HORMIGON	INDUSER	40 t/h	2010
4	ZARANDA FACSOL 1	FACSOL	5-50 t/h	2012
5	CHANCADORA DE QUIJADAS TRIO	TRIO	20-100 t/h	2013
6	FAJA DESCAGA 1 - ARENA	FINLAY	40 t/h	2000
7	F. INCLINADA 2 - ALIMENTACIÓN PIEDRA CHANCADA TAMAÑO MAX. 2.5" / 6"	FINLAY	40 t/h	2000
8	ZARANDA FACSOL 2	FACSOL	5-50 t/h	2012
9	FAJA INCLINADA 3 - ALIMENTACIÓN CHANCADORA CONICA PEGSON	FINLAY	40 t/h	2000
10	FAJA INCLINADA 4 - ALIMENTACIÓN ZARANDA SIMPLICITY	FINLAY	40 t/h	2000
11	CHANCADORA CONICA PEGSÓN 900	PEGSON	30-80 t/h	1998
12	FAJA INCLINADA 5 - ALIMENTACIÓN DE CHANCADORA PEGSÓN A SIMPLICITY	FINLAY	40 t/h	2000
13	ZARANDA VIBRATORIA SIMPLICITY 8' X 16' (ft)	SIMPLICITY	30-100 t/h	1998
14	FAJA DESCARGA 2 - HUSO 8-9	FINLAY	40 t/h	2000
15	FAJA DESCARGA 3 - HUSO 6-7	FINLAY	40 t/h	2000
16	FAJA DESCARGA 4 - HUSO 5-7	FINLAY	40 t/h	2000
17	FAJA DESCARGA 5 - ALARGE HUSO 5-7	FINLAY	40 t/h	2000
18	FAJA DESCARGA 6 - DESECHO MALLA 200	FINLAY	40 t/h	2000
19	CARGADOR FRONTAL 950 H	CAT	3m ³ X Lampón	2012
20	RETROEXCAVADORA 336 D	CAT	2.5m ³ X Cucharón	2012

Tabla: 01, Equipos de Planta de Chancado Sojo.
Fuente: Elaboración propia, 2021

La empresa RANTON S.A.C con la finalidad de poder cubrir la demanda solicitada por DINO S.R.L. tiene programado 02 turnos diarios de Operación, en los cuales debe cubrir una producción de 10 000 t. mensuales.

Debido a su reciente inicio en una nueva línea de operación por parte de RANTON S.A.C. la cual es la trituración de piedra, tienen varios problemas, uno de los más notorios es la baja productividad suceso ocasionado por diferentes circunstancias las cuales se describe a continuación.

La empresa en el tiempo que tiene operando los equipos de chancado y debido a la demanda solicitada se observó que el personal asignado al área de mantenimiento solo ejecuta tareas correctivas, lubricación y cambio de aceites sin ningún control de frecuencias programadas, entonces se nota que el actual sistema de mantenimiento con el que cuenta, no es el indicado para la planta de chancado porque estos son equipos de alta producción y su mantenimiento debe de ser continuo y permanente, por lo cual es necesario contar con un plan de mantenimiento programado, planificado y de observación continua. También se notó que la mayoría de sus repuestos son muy escasos de encontrar en el mercado local, considerando que tienen una norma de fabricación ANSI y sus repuestos no son comerciales, lo cual en muchas oportunidades genera un retraso al área de logística cada vez que se presenta una falla diferente, la que no fue programada y evaluada en su oportunidad por el personal asignado a reparaciones de mantenimiento.

La empresa no cuenta con un departamento de mantenimiento bien organizado que cumpla con las características adecuadas para afrontar el manejo de dicha área, debido a que solo cuenta con personal para intervenir las paradas imprevistas y efectuar solo mantenimientos correctivos. Debido a estas razones es necesario efectuar una reorganización de trabajo ya que la actual está compuesta por 01 operario soldador, 01 ayudante soldador, 01 técnico mecánico, 01 ayudante mecánico, por tanto, se asume que ellos no se dan abasto a poder ejecutar todas las tareas solicitadas y reportadas por el operador de la planta de chancado, también es necesario llevar un control del historial de tareas efectuadas por los técnicos al momento de la intervención de las fallas, actualmente no se cuenta con un personal que realice dicho control y seguimiento. Esto sucede debido a que los

técnicos de mantenimiento solo se encargan de priorizar las fallas o tareas que pueden generar una parada en la planta de chancado y a su vez las operaciones, debido a que el tiempo se le recorta y no es el suficiente para poder ejecutar inspecciones básicas de mantenimiento y muchas veces se saltean estas tareas de las cuales tenemos, lubricación diaria, toma de datos y control de horómetros, revisar los niveles de aceite , evaluar temperatura de los aceites de las unidades hidráulicas y de lubricación, esto en algún momento inesperado puede colapsar y genere paradas inesperadas perjudicando los programas de producción y la entrega de productos terminados. Otro problema presente también es que debido a la antigüedad de la planta la cual tiene 21 años de operación y las fallas cada vez son más comunes y frecuentes porque solo ejecutaron mantenimiento preventivo y correctivo. Otro de los problemas encontrados es que en muchas oportunidades sus repuestos han sido reemplazados por fabricación local, generando así consecuencias de fallas colaterales que pueden haber sido provocadas por mal mecanizado o no conservar el espesor y ajuste adecuado. Debido a estas condiciones de mantenimiento se presentan paradas imprevistas en un promedio de 04 horas diarias, generando una pérdida de producción de 80 m³ día lo que significa dejar de producir 120 toneladas por 26 días laborales esto arroja una cantidad de 3,120 t. menos, a un costo de 33.30 soles por tonelada que hace un total de 103,896.00 soles menos de ingreso a la caja de la empresa.

El plan de estudio propone minimizar el número de paradas imprevistas amparado en la implementación de un plan de mantenimiento, con el cual se tendría la capacidad de poder programar un mantenimiento sin tener que perjudicar las horas normales de operación logrando reducir el costo innecesario generado por falla que paralizaba la maquina en horas de producción.

Presentada la realidad problemática, a continuación, se indica la formulación del problema el que se define ¿Cómo aumentar la producción de piedra triturada de la planta de chancado Sojo?

Continuando con el desarrollo de la tesis se presenta las siguientes justificaciones:

Justificación Tecnológica: hoy en día las empresas optan por el avance tecnológico y el uso de sistemas de control a equipos de alto costo, considerando tener en óptimas condiciones su maquinaria, realizando sus respectivas tareas de

mantenimiento indicadas por el fabricante, para lo cual en oportunidades se han visto apoyados en softwares automatizados capaces de llevar un control de mantenimiento acorde a la necesidad solicitada, sin embargo, el costo de estos, la complicada aplicación a cualquier maquinaria, uso excesivo de colaboradores y pago de licencias dificulta el poder tener y mantenerlos constantemente.

Es por eso que proponemos esta tesis de investigación el cual desea cubrir el vacío técnico existente brindando un plan de mantenimiento con el uso de las herramientas de control basados en la teoría de criticidad aplicada a maquinarias industriales.

Justificación Económica: el sistema a implementar tiene una respuesta inmediata y un monitoreo continuo de los equipos y repuestos críticos respecto de su estado de operación, además indica la tarea adecuada de mantenimiento a planificar evitando las paradas imprevistas y anticipándose al desperfecto de ellas, reduciendo el número de paradas no programadas, mejorando la disponibilidad y confiabilidad entregando como resultado mayor productividad, ahorro y por ende mejora de los ingresos económicos a la empresa.

Justificación Ambiental: con el uso de este sistema automatizado se considera reducir la frecuencia de cambio de repuestos y el uso inadecuado de lubricantes mejorando de forma considerable el incremento de chatarra metálica y la acumulación de aceites, grasas y trapos contaminados con residuos de hidrocarburo, con estos evitamos la contaminación del suelo sub suelo y ambientes, logrando la mejora continua en el cumplimiento de estándares y normas de la empresa para el manejo de residuos de este tipo.

Expuestas las justificaciones a continuación se plantea **hipótesis** de la siguiente manera, mediante el contexto propuesto anteriormente se considera que el implementar un plan de mantenimiento en la planta de chancado, permite mejorar los indicadores de mantenimiento, contar con variables de control con la finalidad de incrementar la producción de piedra chancada.

Planteada la hipótesis, se formula el **objetivo general** el cual es implementar un plan de mantenimiento optimizado con la finalidad de que este permita tener información de indicadores, controles, variables e información en tiempo real de

sus condiciones aplicando técnicas y criterios predictivos a fin de lograr disminuir paradas imprevistas e incrementar la producción en la planta de chancado Sojo.

Para lograr el objetivo general, se detalla a continuación los objetivos específicos: **(i)** Recopilar información del estado actual de producción e indicadores de mantenimiento; **(ii)** Efectuar análisis de criticidad a equipos de planta para determinar cuál intervenir; **(iii)** Evaluar de las mejoras propuestas para establecer el plan de mantenimiento implementado; **(iv)** Efectuar cronograma de tareas, frecuencias del mantenimiento por equipo; **(v)** Determinar el aumento de la producción y productividad de la planta considerando en nuevo plan de mantenimiento Implementado; **(vi)** Evaluar económicamente la implementación del plan de mantenimiento.

II. MARCO TEORICO

Para el respaldo de la investigación, se toma como referencia trabajos previos que aportan al tema, por ejemplo, el trabajo de investigación realizado por los autores (Robayo, y otros, 2015) proponen diseñar e implementar un sistema de control computarizado para automatizar el carguío de agua potable en camiones cisterna el que consistía en ejecutar el montaje de una serie de instrumentos y componentes electrónicos a fin de contar con el control de las electrobombas y válvulas del tanque de abastecimiento.

Acondicionando la mejor posición y montaje del dispositivo ultrasónico, equipo principal para el monitoreo del proceso, con esto tendrían la capacidad de controlar y monitorear la abertura, el cierre de válvulas, el prendido, apagado de las bombas sumergibles y el control de nivel de agua en tanque, todo en tiempo real a través de una plataforma gráfica visual LabVIEW. Llegando a obtener una planta totalmente automatizada con la capacidad de abastecer de forma exacta las cantidades de agua solicitada por los clientes y todo aquello gobernado por a través de un sistema electrónico que les permitía monitorear y visualizar los eventos que generaba el proceso del carguío de agua potable para camiones cisterna.

Siguiendo con la recopilación de información se encontró un trabajo donde el autor (Zavaleta Medina, 2018) desarrollo un plan de mantenimiento preventivo basado en las metodologías de gestión del mantenimiento denominada RCM

(Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad) con la finalidad de conseguir implementar un mantenimiento que garantice incrementar la disponibilidad, confiabilidad y productividad del equipo chancador Fuller Taylor TCB 42"x 66". El plan de mantenimiento se inició adquiriendo una muy buena cantidad de conocimientos sobre el equipo, procesos de reparación, contextos operacionales, etcétera posteriormente desarrollo paso a paso un flujograma de implementación del plan basado en el uso de la teoría de criticidad y de esta forma pudo efectuar el análisis y la descripción general de las funciones de los subsistemas o repuestos principales del equipo, mediante el uso de herramientas como: diagramas de bloques, diagramas EPS, árbol de falla y FMCA hasta determinar las fallas y modos de fallas más frecuentes del equipo chancador. Llegando a determinar que el sub sistema más crítico es el eje principal o poste siendo este el subsistema a quien se enfocaría la mayoría de esfuerzos de mantención evitando de esta manera que este colapse y provoque perdidas de producción por la paralización del equipo y por ende la planta debido a que el equipo entrega una autonomía de 1.5 horas de operación. También elaboro un plan de mantenimiento en base al análisis de las fallas del chancador y conformo un conjunto de tareas preventivas que evite las fallas encontradas las cuales fueron: cambio del eje de extensión, reparación del tanque de aceite del sistema de lubricación, de tal manera que se ahorró en costos, un valor considerable de \$200.000 trimestrales, evitando que estas fallas ocurran y se puedan solucionar usando el plan de mantención planteado de manera correcta.

Así mismo el autor (Chacón León, 2020) en su trabajo de tesis presento la implementación de un plan de mantenimiento preventivo para el incremento de la productividad de la planta de chancado secundario, teniendo como propósito principal de la investigación, determinar que la puesta en marcha del plan de mantenimiento tiene influencia en la productividad de los equipos. Para ello parte con la evaluación del estado actual de los indicadores efectuando un diagnóstico de la confiabilidad, disponibilidad, productividad, eficiencia y eficacia de los equipos considerando las horas máquina y la cantidad de toneladas producidas versus toneladas programadas, cuantificando datos de disponibilidad y confiabilidad con la finalidad de ver que el uso del programa de mantenimiento es de gran importancia y cumpla con los objetivos propuestos, determinando que las alteraciones en el proceso productivo son ocasionados por paradas imprevistas a

causa de los correctivos, siendo estos a quienes se plantea la mejora obteniendo resultados favorables reduciendo el tiempo de intervenciones, demostrándolo mediante el uso de tablas estadísticas y procesando información en un lapso de 24 semanas donde establece que la productividad tuvo un incremento de 82.98% a 87.54%, y definiendo como conclusión final que el incremento de la producción se debió gracias a la implementación del plan.

Prosiguiendo con el análisis los autores (Solis Quisiyupanqui, y otros, 2010), presentaron su propuesta planteada sobre un prototipo de seleccionador automático de materiales y colores, el cual se convertiría en un proceso de automatización industrial que reemplazaría a un trabajo efectuado de forma manual. Para la ejecución de este trabajo usan un método que consistiría en detectar los colores y materiales mediante sensores ópticos e inductivos, los cuales determinarían el tipo de material, color de las piezas o productos a seleccionar, los mismos que son trasladados mediante una faja transportadora de la tolva dispensadora hacía el chute de descarga y en el recorrido de los materiales es que los sensores reconocen el color y material programado identificándolos, entonces ellos enviarían una señal discreta al inputs del autómeta (PLC), a fin de que accione las válvulas electroneumáticas y este a su vez al actuador neumático y de esta forma realizaría la clasificación y distribución adecuada del material. Logrando como resultado una rapidez de clasificación y distribución de 491 productos por hora esto en un tiempo menor de producción al anterior haciendo que el proceso de clasificación y distribución de los materiales, sea más eficiente, preciso, seguro y ocupando un menor número de colaboradores de 04 a 01, Por consiguiente, obtuvieron una optimización de tiempos y reducción de costos.

En el siguiente proyecto investigativo el autor, (Casachagua, 2017), realizo un estudio cuasiexperimental de determinación de la mejor estrategia de mantenimiento para excavadoras, obtuvo resultados mejorados mediante el establecimiento de un plan de mantenimiento basado en el RCM. Realizó estudios de criticidad para evaluar los componentes más importantes de la unidad pesada excavadora, determinado que el turbocompresor, bomba de combustible, cilindro-pistón, árbol de levas, cigüeñal, transmisión, y válvulas de escape, son las partes más indicativas de la disponibilidad de 81% inicial; y que mediante el AMEF lo indicativo son 65 modos de falla que repercuten en pérdida de 1846 horas/año,

equivalentes a un costo de producción de 67 453.00 nuevos soles/año. Luego de la aplicación del Plan, la disponibilidad mejoró hasta el 90% como indicador.

Terminando con los antecedentes se tiene que el autor (Linares, 2014), diseñó un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para motores de camiones Scania para aumentar su disponibilidad y reducir los costos de operación en una empresa. Explicó que, en la actualidad, es un taller dedicado a la reparación y mantenimiento de sus propios camiones Scania, la empresa cuenta con 7 camiones Scania, modelos: 3 de G420, 1 de P380, P460, P360 y R400 los cuales no tienen un plan de mantenimiento de acuerdo a sus condiciones de operación. Donde se realizó un análisis a los subsistemas del motor Scania tales como: Lubricación, enfriamiento, combustible, escape, eléctrico y admisión del aire, encontrando como subsistemas críticos: Lubricación y enfriamiento, y como subsistemas semi-críticos: combustible, eléctrico y admisión del aire, y no crítico: escape, encontrando los indicadores promedios de la disponibilidad en 95%, la confiabilidad en 86% y la mantenibilidad 32%. Y en condiciones de mejora aumento la disponibilidad a 99%, la confiabilidad a 96% y la mantenibilidad se redujo a 13%. Concluyendo que en el desarrolló el AMEF a los 6 subsistemas del motor se encontraron que de las 53 fallas incluidas en el AMEF 47.17% (25) son fallas inaceptables, 30.19% (16) son fallas de reducción deseable y 22.64% (12) se catalogan como aceptables. Se determinó, finalmente, que el beneficio luego de la aplicación del plan RCM asciende a 70 897 US\$/año, frente a una inversión de 20 300 US\$, lo cual significa que el período de recuperación de la inversión será en 87 días y el proyecto es viable.

Una vez presentado los trabajos previos se plantea las **teorías relacionadas**.

Planta de Chancado: Conjunto de maquinarias electromecánicas industriales de robusta construcción e ingeniería de precisión construidas y diseñadas para la trituración de piedra y otros materiales o minerales.

Dentro de sus principales equipos se cuenta con chancadora de quijadas (chancadora primaria TRIO), posteriormente se tiene chancadora cónica (chancadora secundaria PEGSON), zarandas vibratorias 6 X 12 ft. para prelimpia (zarandas FACSOL), zaranda principal 8ft X 16 ft. (zaranda SIMPLICITY) y por

último fajas transportadoras de agregados (fajas transportadoras FINLAY, INDUSER).

Llegando a conseguir agregados de tamaño homogéneo según el requerimiento solicitado, poca contaminación con material pasante a la malla 200, y una humedad estándar para ser usados en las líneas de producción de concretos premezclados y bloques prefabricados.

En las figuras a continuación se presenta imágenes de las maquinarias descritas anteriormente.



Figura : 1 , Chancadora Cónica Pegson Autocone 900
Fuente: Elaboración propia 2021



Figura : 2 , Faja transportadora Finlay
Fuente: Elaboración propia



Figura : 3 , Chancadora de quijadas TRIO
Fuente: Elaboración propia



Figura : 4 , Zaranda Vibratoria Facsol
Fuente: Elaboración propia

Automatización: su nombre se deduce del griego antiguo auto (guiado por uno mismo), proceso industrial capaz de incrementar la calidad y productividad debido a la precisión de los mecanismos y accesorios integrados al sistema de control automático este está compuesto por PLC, PC, integrador, sensores, actuadores, transductores, fuentes de voltaje (Pere, y otros, 2009).

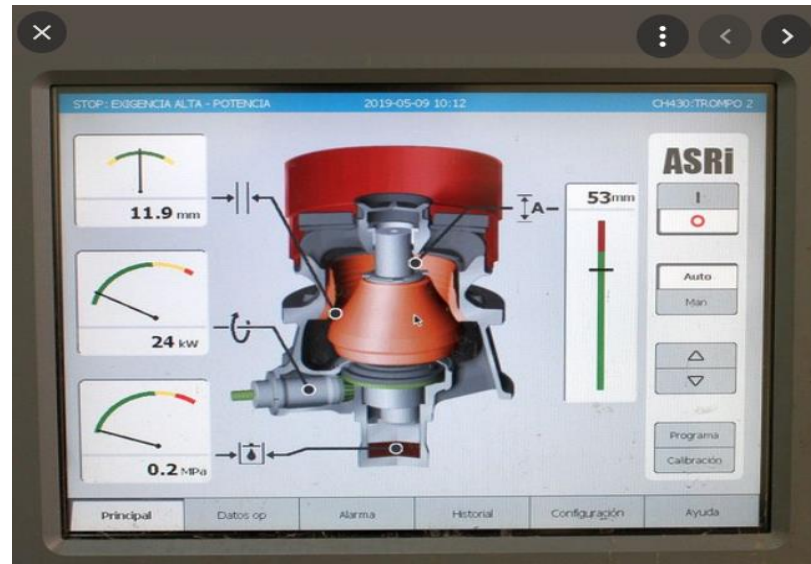


Figura : 5 , Panel de control touch screen ASRI Chancadora Sandvik CH 430
Fuente: Elaboración propia

PLC: de acuerdo a sus siglas en ingles significa, controlador lógico programable, es un microcontrolador que consta de en un microprocesador el que utiliza una memoria programable para acumular instrucciones e implementar funciones de secuencias, conteo de tiempo, aritmética lógica y poder controlar eventos que puedan reprogramarse con facilidad para distintas tareas. Es un equipo totalmente electrónico con respuesta propia, dicha respuesta es de acuerdo a la lógica instalada en su programa por el usuario. El acceso a la programación es mediante un software brindado por el fabricante del equipo y un cable de comunicación entre PC y PLC. Físicamente cuenta con borneras de entradas discretas y análogas (inputs), en ellas se conectaría las señales de los sensores e instrumentos, estas son las condiciones a cumplir, el equipo recibiría la señal de entrada y entrega una respuesta inmediata mediante los (outputs) que es otro conjunto de borneras que tendrían una salida de tensión eléctrica capaz de activar dispositivos electrónicos, eléctricos o en su mayoría accionan relay que activan mecanismos de más potencia. Existen una gran variedad de marcas y tipos de

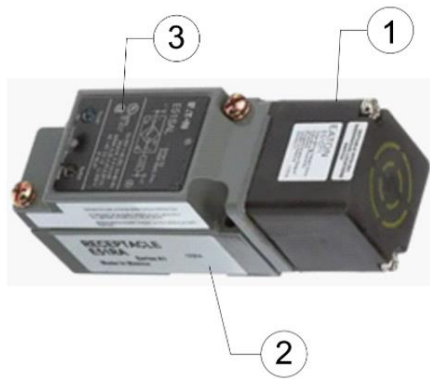
PLCs. (BOLTON, 2013), seguido en la figura 02 se presenta un PLC Siemens modular.



Figura : 6 , PLC Modular SIEMENS
Fuente: (Propia, 2021)

Scada: de su acrónimo en ingles se deduce “Supervisory control And data acquisition” que significa control de supervisión y adquisición de datos, Sistema de comunicación que se integra mediante una PC y un PLC más un tablero de control de mando y fuerza (MCC, TCC). Es un sistema con fines de supervisión, monitoreo y control de manera remota para una instalación industrial, pudiendo reunir información recogida de diferentes sensores, PLCs y equipos mediante con diferentes protocolos integrados en un solo lugar, estas lecturas se efectúan en tiempo real y teniendo la posibilidad de ser almacenados en una base de datos (Tegnologia en Marcha, 2015) (Martinez Garcia, 2015) (Aquilino Rodriguez , 2012).

Sensores Inductivos: instrumentos capaces de detectar un metal ferroso a una distancia definida para la cual fue diseñado, su aplicación de trabajo está dada para el área industrial, teniendo diversos usos y aplicaciones, por ejemplo: presencia o ausencia de un objeto metálico, conteo de piezas, detecciones de atascos etc. (BOLTON, 2013) a continuación en la figura: 03 se presenta una de las versiones de sensores inductivos.



- Sensor inductivo de norma nema marca Eaton consta de 03 partes:
- 01cabeza de lectura,
 - 02cuerpo de conexionado,
 - 03Circuito electrónico hermético.

Figura : 7 , Sensor Inductivo
Fuente: Elaboración Propia 2021

Sensor acelerómetro: es un instrumento cuyo propósito es medir la aceleración, vibración y el cambio del movimiento de un cuerpo sólido. Su forma de operar está basada en que una masa dentro de su estructura electrónica (piezo eléctrico) se comprima la cual entrega una cierta cantidad de tensión eléctrica y misma que es proporcional a la fuerza ejercida sobre él (Doebelin, 2005), a continuación, en la figura: 04 se detalla algunos ejemplos y tipos de acelerómetros.

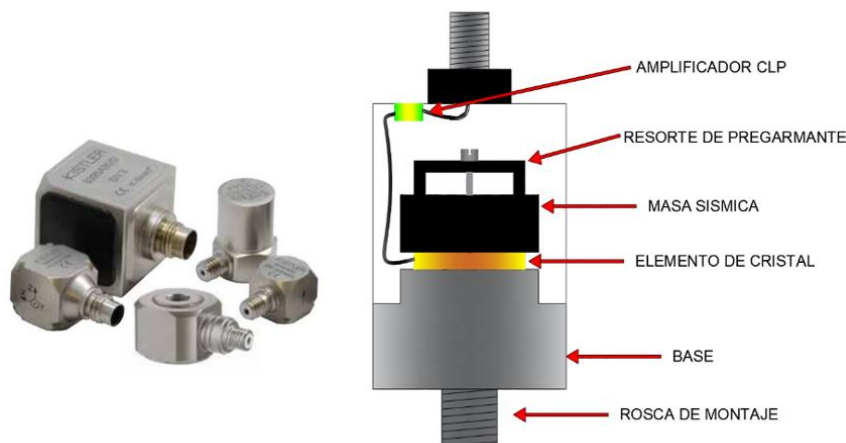


Figura : 8 , Acelerómetros
Fuente: Elaboración Propia, 2021

Sensores de temperatura: dispositivos electrónicos que convierte una magnitud física (temperatura) en señales discretas o análogas para que estas sean procesadas por un instrumento electrónico, existen 03 tipos: termistores, RTD, Termopares. (Serna Ruiz, y otros, 2010).

Sensores de nivel: son los encargados de entregar el nivel de un material almacenado en tanques abierto o cerrado reconocen materiales como líquidos, granos o polvo, existen una variedad de equipos y aplicaciones entregan señales discretas y otros en análogos para su lectura (Serna Ruiz, y otros, 2010).

Horómetros: instrumentos electrónicos con la capacidad de acumular el conteo de horas de operación de un equipo, este se encuentra conectado de forma directa a un contacto de arranque del equipo (Serna Ruiz, y otros, 2010).

Transformador de corriente: componente eléctrico conformado por un bobinado de alambre esmaltado el cual está enrollado en un núcleo de forma toroidal, cubierto y hermetizado por una estructura plástica, este componente se instala en la fase de uno de los conductores del equipo o maquinaria en carga. En la figura 03 se indica un tipo de transformador de corriente (Berrosteguieta, 2020).



Figura : 9 , Transformador de Corriente
Fuente: Elaboración Propia, 2021

Multímetro Digital: es uno de los primeros equipos con presentación numérica, es el instrumento electrónico de medida más usado, es el equipo ideal para medir resistencia, tensiones eléctricas, intensidades de corrientes continua y alterna, existen una variedad de marcas y aplicaciones, pero en todos cuentan con las pruebas básicas indicadas anteriormente (Pallás Areny, 2006), a continuación, en la figura 06 se detalla un tipo de multímetro digital.



Figura : 10 , Multímetro digital Fluke
Fuente: Elaboración propia 2021

Plan de Mantenimiento: Conjunto de tareas basados en el análisis de indicadores iniciales del estado de los equipos y maquinarias, su implementación se genera de acuerdo a la necesidad de los equipos, También se afirma que la gestión de mantenimiento es de gran importancia con la finalidad de bajar los costos referentes a mantenibilidad, fuerza laboral, reparaciones, reducir sobrecostos por órdenes de mantenimiento repetitivas. Su implementación conlleva a mejorar la producción y evitar disminuida la calidad de productos. (Mesa Grajales , y otros, 2006)

El mantenimiento: como definición decimos que se trata de preservar conservar y mantener en óptimas condiciones el funcionamiento de máquinas, sistemas o procesos de producción permitiendo que este llegue a su máximo rendimiento. También se diría que es el sinnúmero de tareas ejecutadas por un área especializada a fin de conservar y preservar de forma adecuada el correcto funcionamiento de sus equipos e instalaciones, para lo cual fueron diseñados e instalados, conservando así en las mejores condiciones de seguridad, confiabilidad, disponibilidad y preservación del medio ambiente (Ciencia y Tegnologia, 2010) (Confiabilidad y Manteabilidad, 2008).

Mantenimiento correctivo: es uno de los mantenimientos que genera mayor costo y es el más usado en la mayoría de las empresas este se efectúa cuando el equipo está ya parado y es obligatoriamente intervenir el equipo (no hay control de mantenimiento) (Mesa Grajales , y otros, 2006).

Mantenimiento preventivo: es el mantenimiento que se debe efectuar mediante una programación anticipada de actividades con el fin de evitar suceda daños posteriores en la maquinaria este no es una solución a los problemas que se pueden producir en un proceso productivo, si no es simplemente una programación sistemática de lo que se viene haciendo con frecuencia debido a los altos niveles de productividad (Mesa Grajales , y otros, 2006).

Mantenimiento predictivo: este mantenimiento reúne una variedad de pruebas de carácter no destructivo mediante instrumentos electrónicos de precisión destinados a efectuar un seguimiento de la operación de los equipos para descubrir posibles fallas potenciales ocultas que avisen de algún suceso que ocurriese en alguna de sus partes y este no trabaje en condiciones normales de operación. Por medio de este mantenimiento la falla detectada se puede intervenir de manera programada y oportuna considerando no afectar el proceso productivo y mejorando de manera continúa consiguiendo poder alargar la vida útil de los equipos o maquinarias. (Olarte C., y otros, 2010)

Disponibilidad: es la confianza que brinda una maquinaria, equipo o componente, de ser capaz de realizar sus funciones de manera satisfactoria después de una intervención de mantenimiento, realizando su operación de trabajo como si fuere el primer día de operación o instalación (Mesa Grajales , y otros, 2006).

$$D(t) = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \quad \text{ecuación (1)}$$

MTBF (Tiempo medio entre fallas) Determinado como la inversa de la tasa de falla, es el espacio existente entre una falla y otra en un análisis de un proceso productivo. (Parra Marquez, y otros, 2012)

MTTR (tiempo medio de reparación) depende de:

- la facilidad que brindarían para efectuar mantenimiento a la maquinaria.

- la capacitación especializada del personal que realiza el mantenimiento.
- las características de la organización y la planificación adecuada del mantenimiento.

Confiabilidad: vendría a ser la probabilidad de que un equipo o sistema realice su función de manera correcta para el cual fue diseñado de acuerdo a condiciones definidas de operación en un tiempo establecido. La confiabilidad también se puede decir que es calidad en el tiempo (Confiabilidad y Manteabilidad, 2008), y se determina mediante:

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad \text{ecuación (2)}$$

Donde:

R(t): Confiabilidad de una maquinaria un tiempo t determinado.

e: Constante neperiana (e=2. 303..)

λ : Tasa de fallas (número total de fallas por tiempo de operación)

t: tiempo

Productividad:

Productividad es la capacidad que se tiene para rendir más sin tener que incrementar los recursos involucrados en el proceso productivo, esta expresada como una forma de determinar qué tan bueno es el sistema, la empresa, el país, la planta y así enumerar una serie de definiciones, pero todas bajo el mismo contexto.

$$Productividad = \frac{Producción\ real}{Producción\ proyectada} * \frac{Tiempo\ real}{tiempo\ disponible}$$

III METODOLOGIA

3.1 Tipo y Diseño de Investigación

El tipo de investigación es aplicada: Se dice que es aplicada debido a que la solución del problema lo determinamos atacando la realidad problemática presente en la planta de chancado e investigando todas las opciones tecnológicas

posibles con la finalidad de encontrar la mejor solución y la metodología para implementar el plan de mantenimiento consiguiendo determinar las soluciones mediante las mejores aplicaciones de ingeniería (Lozada, 2014).

3.2. Variables, Operacionalización

3.2.1. Variables Independiente

Plan de Mantenimiento.

3.2.2. Variables Dependientes

Productividad.

3.2.3. Operacionalización de variables independientes y dependientes

La tabla de operacionalización de variables se encuentra en el anexo 1.

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población

Plantas de Chancado de piedra del Perú.

3.3.2. Muestra

Planta de Chancado Sojo – Sullana - Piura

3.3.3. Muestreo

El muestreo para la presente tesis es de tipo aleatorio, ya que la investigación considera el análisis de una línea de producción de piedra triturada.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Técnica	Instrumento
Análisis Documental	Fichas de Registro

Para la ejecución de la tesis, se considera recolectar una secuencia de datos relacionados con las tareas de planificación, reparación y ejecución del mantenimiento correctivo almacenado en check list llenados por los operadores de la planta y operadores de equipos móviles de donde se obtiene información como: control del tiempo de paradas imprevistas, fallas frecuentes, repuestos averiados e información de inspecciones visuales. Para procesar esta información es necesario apoyarnos en las técnicas a continuación detalladas.

3.4.1. Recopilación Bibliográfica

Para esto realizamos la revisión de los manuales entregados por el fabricante, documentos adicionales entregados en cursos dictados por fabricante, con esta información tendríamos un mejor conocimiento del funcionamiento del sistema mecánico, eléctrico y electrónico.

3.4.2. Pruebas Mediante Instrumentos Electrónicos de medición

Mediante estos equipos de tecnología digital obtenemos valores predeterminados a fin de tener la opción de usar y aplicar al sistema apoyados con información real brindada por estos instrumentos.

Apyados con estos equipos se obtiene información de tensiones eléctricas, corrientes, aislamiento y temperatura. Con la finalidad de mejorar o adicionar el dispositivo electrónico adecuado para su monitoreo y esta información ayude a brindar la solución respectiva.

3.4.3. Observación Directa

Esta es una técnica que permite visualizar el área de estudio, el estado y condiciones reales del funcionamiento de la planta y equipos de la planta de chancado de piedra Sojo.

3.4.4. Entrevistas con el Personal

Las entrevistas con el personal involucrado en la operación permiten recopilar información real de los problemas que interrumpen el funcionamiento, esto

ayudaría a crear un plan de mantenimiento adecuado, esta técnica reúne los resultados de las observaciones con el objeto de realizar un registro al detalle de la información recolectada.

3.5. Procedimiento

La recolección de datos la efectuaremos de la siguiente manera:

- Observación directa del funcionamiento de los equipos industriales que conforman la planta de chancado Sojo.
- Descripción detallada de cada activo y repuesto del sistema mecánico, eléctrico y electrónico de la chancadora cónica.
- Pruebas mediante instrumentos electrónicos a fin de determinar las tensiones eléctricas, tendido de cables, disposición de bandejas porta cables, dimensionamiento de conductores y puntos estratégicos para la ubicación de los dispositivos electrónicos.
- Entrevistas a los colaboradores involucrados en el proceso productivo de trituración de piedra.
- Información bibliográfica de los manuales, planos mecánicos eléctricos y electrónicos de la empresa DINO S.R.L. y RANTON S.A.C.

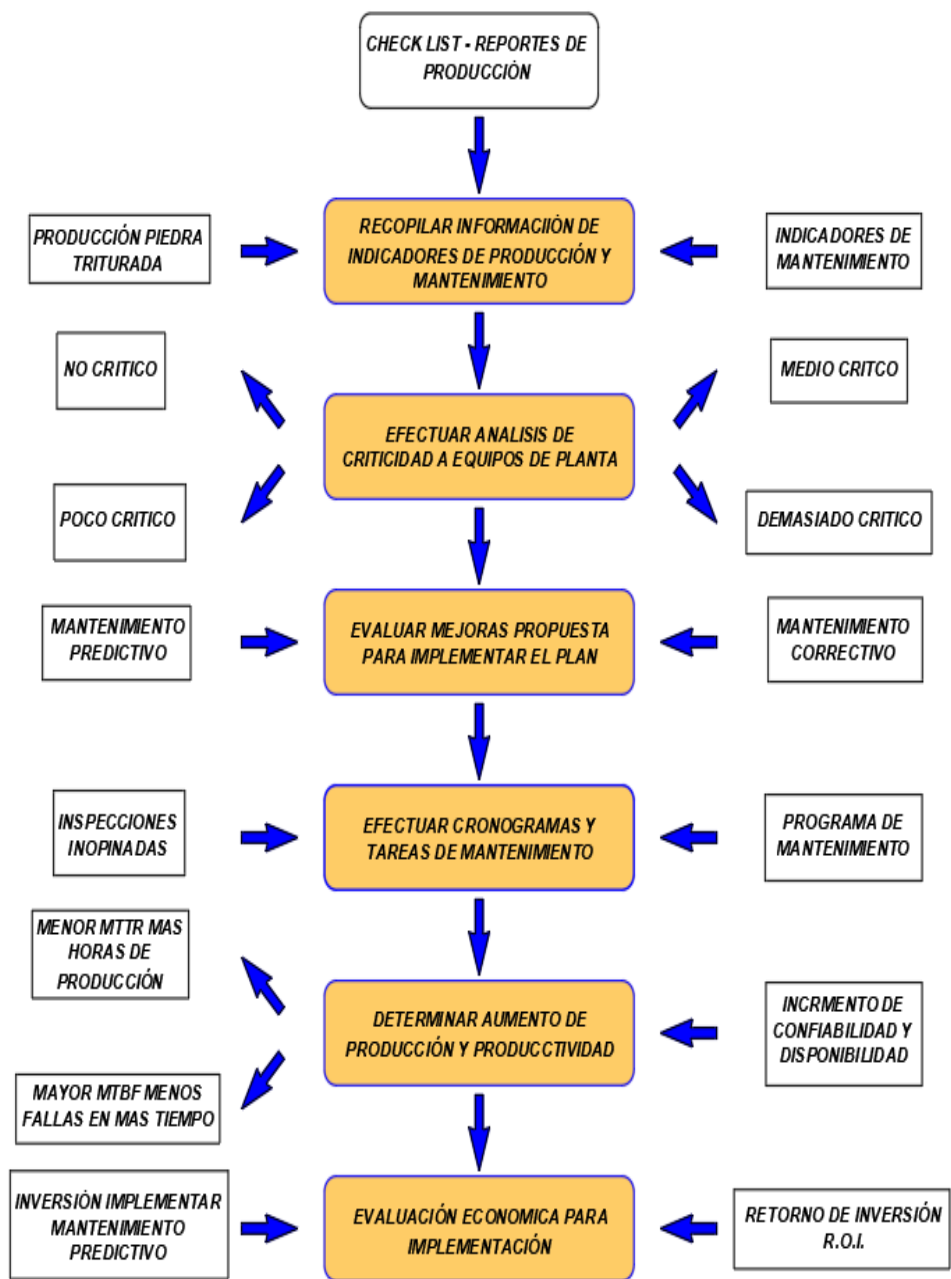


Figura : 11 , Diagrama del proceso de ejecución de la tesis
 Fuente: Elaboración propia, 2021

3.6. Métodos de análisis de datos

3.6.1. Diagramas de Flujos

El diagrama de flujo indica el proceso real y la secuencia de operación que efectúa la planta de chancado.

3.6.2. Planos Mecánicos, Eléctricos, Electrónicos

Ellos brindan información importante y ayudan a mejorar la toma de decisión durante el proceso de mantenimientos, reparaciones y programación de tareas propias del mismo.

3.6.3. Graficas de Control

Los gráficos de control ayudaran a tener una mejor lectura de la información más relevante dado en forma general con un mejor panorama, así mismo podemos realizar el seguimiento de los resultados y observar tendencias para la toma de decisiones. Ejemplo de ello puede ser: grafica de Pareto.

3.7. Aspectos éticos

3.7.1. Originalidad:

La presentación de la presente tesis de estudio está completamente citada y referenciada.

IV. RESULTADOS

4.1. Funcionamiento y operación del equipo

La planta de chancado Sojo, lugar donde se realiza el desarrollo de esta tesis está conformada por un conjunto de equipos industriales diseñados para la trituración de piedra, selección de piedra chancada, apilado y transporte de agregados.

Como resultado de este proceso se brinda un producto terminado de calidad, de diferentes medidas normalizadas de piedra chancada, las que son trasladadas hacia la planta de DINO S. R. L.

DINO S.R.L. utiliza estos agregados como materia prima para la fabricación de concreto premezclado y productos prefabricados vibro-compactados.

los equipos instalados en la planta de chancado Sojo, están distribuidos y configurados de tal manera que estos operen en su máxima producción cumpliendo con los estándares de seguridad y operación.

A continuación, se presenta imagen panorámica de la planta, indicada en la figura siguiente.



Figura : 12 , Planta de chancado Sojo
Fuente: Elaboración propia, 2021

Conforme a lo indicado anteriormente se describe el proceso productivo iniciándose con el abastecimiento de la tolva primaria donde se descarga el over u hormigón a través de un cargador frontal o de manera directa por medio de un volquete, dicha tolva tiene una capacidad de 25 m³.

A continuación, en imagen se muestra el detalle de la tolva primaria de abastecimiento de material (over, hormigón).



Figura : 13 , Tolva primaria abastecimiento de Over
Fuente: Elaboración Propia 2021

Dicha tolva en la parte inferior cuenta con un alimentador vibratorio quien se encarga de controlar la salida del material (over, hormigón) mediante un sistema de moto vibradores, y descargarlo en faja inclinada 1, tal como se muestra en las figuras a continuación.



Figura : 14 , Alimentador Vibratorio
Fuente: Elaboración Propia 2021



Figura : 15 , Faja Inclinada 1
Fuente: Elaboración propia, 2021

Continuando con el recorrido de la línea de producción tenemos la faja inclinada 1, este equipo es el encargado de descargar el material en la primera zaranda vibratoria (FACSOL 1), quien es la encargada de seleccionar la arena (no usada por exceso de finos) y piedra menor de 1" (canto rodado) quedando como producto un agregado seleccionado para la trituración, el over es de un tamaño de 1.5" a 8" tal como se muestra en la figura a continuación.



Figura : 16 , Zaranda Vibratoria Facsol 1
Fuente: Elaboración propia, 2021

El material antes indicado y seleccionado por la zaranda es descargado por medio de un chute metálico hacia la chancadora de quijadas (chancadora TRIO), en este equipo el producto es triturado por medio de las mandíbulas de acero al manganeso del equipo consiguiendo reducir del tamaño máximo de ingreso de 8" in. a un tamaño entre 6" a 2.5" in. dejando en un tamaño homogéneo para facilitar su trituración de acuerdo a su granulometría.



Figura : 17 , Chancadora de Quijadas Trio
Fuente: Elaboración propia, 2021

Posteriormente el material obtenido de la chancadora de quijadas es trasladado mediante faja inclinada 2 hacia una segunda etapa de zarandeo (zaranda Facsol 2) la que cuenta en su distribución con 03 deck de selección de los cuales brinda piedra pasante de la malla de 2.5" a 1".



Figura : 18 , Zaranda Vibratoria Facsol 2
Fuente: Elaboración propia, 2021

El material saliente de la zaranda vibratoria Facsol 2 es trasladado en 02 puntos uno es hacia la chancadora cónica Pegson y el otro es una prelimpia donde libera finos adheridos a la piedra chancada y pequeños trozos de arcilla también pasante en la primera etapa de zarandeo.



Figura : 19 , Chancadora Cónica Pegson
Fuente: Elaboración propia, 2021

Luego de haber pasado el material por 02 etapas de zarandeo y limpieza este es triturado en la chancadora cónica Pegson para que el producto saliente es enviado a la zaranda principal para separar los productos terminados finales de acuerdo a las mallas instaladas en su deck.



Figura : 20 , Zaranda Vibratoria Simplicity
Fuente: Elaboración Propia, 2021

Una vez los productos terminados zarandeados y seleccionados en la zaranda vibratoria Simplicity estos son trasladados por medio de los transportadores inclinados acumulando el material en pilas que es formado conservando una distancia con la finalidad que estos productos terminados no se contaminen tanto en operación o con el proceso de despacho.



Figura : 21 , Fajas Transportadoras Inclinadas descarga de productos finales
Fuente: Elaboración propia, 2021

La descarga de los materiales en pilas sería el proceso final de trituración y estaría a espera de la prueba de contaminación con finos por parte del laboratorio propio en planta y de cumplir los estándares indicados se pasaría a coordinar con la empresa de transporte para su traslado a planta de premezclado y prefabricado ubicado en la carretera Piura – Paita en la provincia de Piura.

Descrito el proceso de operación de la planta de chancado Sojo presentamos el desarrollo de los resultados de los objetivos.

4.2. Recopilación de información del estado actual de producción y mantenimiento.

En base a data recolectada de reportes de producción, horas de operación y verificando guías de remisión del despacho de material, se obtiene información de la cantidad producida en los meses de septiembre 2020, a mayo del 2021. Con la cual se elabora un resumen de la **producción real** de los meses de septiembre 2020, a mayo 2021, adicional a ello se cuenta con la cantidad de **horas laborales** de producción por mes y también se tiene el número de **horas de parada** por mes, consiguiendo construir la tabla a continuación.

	Septiembre 2020	Octubre 2020	Noviembre 2020	Diciembre 2020	Enero 2021	Febrero 2021	Marzo 2021	TOTAL
Producción Real (tn)	10,172.30	9,175.04	7,639.56	5,995.52	10,122.24	9,282.56	5,800.80	58,188.02
Horas laborales	513.00	522.00	468.00	486.00	522.00	486.00	522.00	3,519.00
Horas de parada	178.39	214.49	229.62	288.50	174.80	147.65	235.52	1,468.97

Tabla: 02, Tabla de Producción real, horas laborales y horas de parada.

Fuente: guías remisión – reportes de producción, 2020 -2021

Con la información de las cantidades descritas en tabla 02, se obtiene:

La producción real por hora: este es un valor que referencia la cantidad real producida por hora de operación de planta de chancado y se obtiene mediante la ecuación, a continuación:

$$Producción\ real\ x\ hora = \frac{Producción\ real\ (tn)}{(Horas\ laborales - horas\ de\ parada)h} = \dots \dots \dots E(3)$$

La producción sin paradas: es la cantidad que debió producirse en el caso de no haber existido ningún evento que haya provocado paralización de planta de manera imprevista, sea esta por mantenimiento correctivo, reparaciones de los equipos u otro caso este valor se obtiene por medio de la ecuación, a continuación:

$$Producción\ sin\ Paradas = (Producción\ real\ x\ hora) * (horas\ laborales) = \dots E(4)$$

Déficit de producción: Es la cantidad de producto terminado que se dejó de producir por mes debido a la paralización de planta, este valor se obtiene mediante ecuación a continuación:

$$\text{Deficit de producción} = \text{Producción del mes} - \text{Producción sin paradas} = \dots \dots E(5)$$

Mediante el uso de las ecuaciones se determina las cantidades producidas en planta de chancado como se detalla a continuación:

➤ **Septiembre del 2020**

$$\text{Producción real x hora} = \frac{10172.30 \text{ tn}}{(513 - 178.39)h} = 30.40 \text{ tn/h}$$

$$\text{Producción sin Paradas} = (30.40 \text{ tn/h}) * (513 \text{ h}) = 15,595.20 \text{ tn}$$

$$\text{Deficit producción} = (10,172.30 - 15,595.20)tn = -5,423.14$$

➤ **Octubre del 2020**

$$\text{Producción real x hora} = \frac{9,175.04 \text{ tn}}{(522 - 214.49)h} = 29.84 \text{ tn/h}$$

$$\text{Producción sin Paradas} = (29.84 \text{ tn/h}) * (522 \text{ h}) = 15,574.68 \text{ tn}$$

$$\text{Deficit producción} = (9,175.04 - 15,574.68)tn = -6,399.64$$

➤ **Noviembre del 2020**

$$\text{Producción real x hora} = \frac{7,639.56 \text{ tn}}{(468 - 229.62)h} = 32.05 \text{ tn/h}$$

$$\text{Producción sin Paradas} = (32.05 \text{ tn/h}) * (468 \text{ h}) = 14,998.38 \text{ tn}$$

$$\text{Deficit producción} = (7,639.56 - 14,998.38)tn = -7,358.82 \text{ tn}$$

➤ **Diciembre del 2020**

$$\text{Producción real x hora} = \frac{5,955.52 \text{ tn}}{(486 - 288.5)h} = 30.36 \text{ tn/h}$$

$$\text{Producción sin Paradas} = (30.36 \text{ tn/h}) * (486 \text{ h}) = 14,753.53$$

$$\text{Deficit producción} = (5,955.52 - 14,753.53)tn = -8,758.01tn$$

➤ **Enero del 2021**

$$\text{Producción real x hora} = \frac{10,122.24 \text{ t}}{(522 - 174.80)\text{h}} = 29.15 \text{ tn/h}$$

$$\text{Producción sin Paradas} = (29.15 \text{ tn/h}) * (522 \text{ h}) = 15,218.34 \text{ tn}$$

$$\text{Deficit producción} = (10,122.24 - 15,218.34)\text{tn} = 5,096.10 \text{ tn}$$

➤ **Febrero 2021**

$$\text{Producción real x hora} = \frac{9,282.56 \text{ tn}}{(486 - 147.65)\text{h}} = 27.43 \text{ tn/h}$$

$$\text{Producción sin Paradas} = (29.84 \text{ tn/h}) * (486 \text{ h}) = 13,333.31 \text{ tn}$$

$$\text{Deficit producción} = (9,286.56 - 13,333.31)\text{tn} = -4,050.75$$

➤ **Marzo 2021**

$$\text{Producción real x hora} = \frac{5,800.80 \text{ tn}}{(522 - 235.52)\text{h}} = 20.25 \text{ tn/h}$$

$$\text{Producción sin Paradas} = (20.25 \text{ tn/h}) * (522 \text{ h}) = 10,569.73 \text{ tn}$$

$$\text{Deficit producción} = (5,800.80 - 10,569.73)\text{tn} = 4,768.93 \text{ tn}$$

De los valores obtenidos en los meses de estudio de la tesis, estos se representan en tabla a continuación:

	Septiembre 2020	Octubre 2020	Noviembre 2020	Diciembre 2020	Enero 2021	Febrero 2021	Marzo 2021	TOTAL
Producción Real (tn)	10,172.30	9,175.04	7,639.56	5,995.52	10,122.24	9,282.56	5,800.80	58,188.02
Producción sin paradas (tn)	15,595.44	15,574.68	14,998.38	14,753.53	15,218.34	13,333.31	10,569.73	100,043.42
Déficit de producción (tn)	5,423.14	6,399.64	7,358.82	8,758.01	5,096.10	4,050.75	4,768.93	41,855.40
Horas laborales (h)	513.00	522.00	468.00	486.00	522.00	486.00	522.00	3,519.00
Horas de parada (h)	178.39	214.49	229.62	288.50	174.80	147.65	235.52	1,468.97

Tabla: 03, Producción real, Producción sin paradas y Déficit de producción

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

Con información obtenida en tabla se elabora una representación gráfica de la producción de la planta de chancado, comparando las pérdidas de producción debido a paradas imprevistas.

A continuación, se presenta grafica antes indicada.

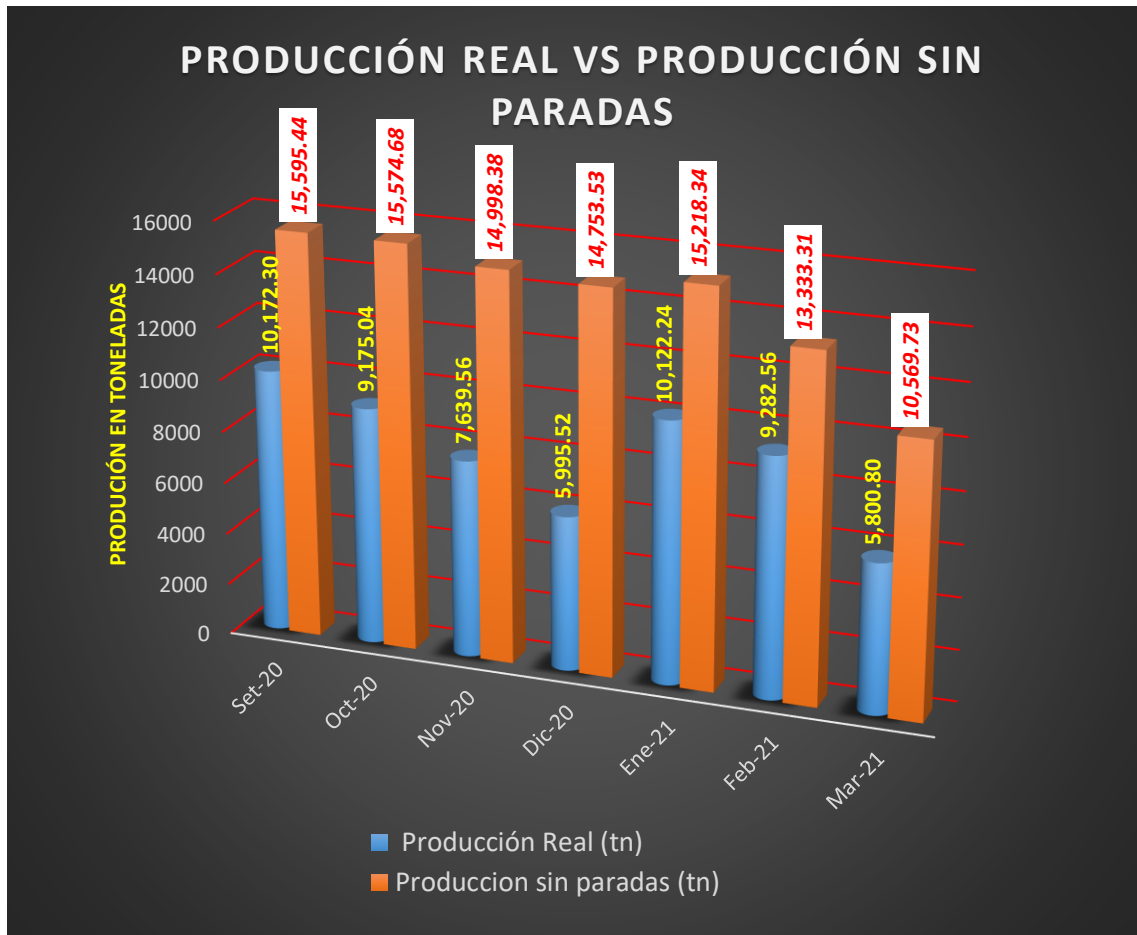


Figura : 22 , Grafica de Producción real Vs. Producción sin Paradas
Fuente: Elaboración Propia, 2021

De igual manera que en el análisis del estado de producción, se recolecta información de los check list elaborados por los operadores de la planta. El cual es efectuado a todos los equipos y maquinarias involucrados en el proceso de chancado con la finalidad de tener datos reales de fallas, tiempo de paradas por fallas, horas de operación, control de niveles de aceites, estado de algunos repuestos, y observaciones adicionales.

A fin de iniciar con el desarrollo del objetivo planteado se ha transcrito toda la información reportada en los check list antes indicado, llegando a obtener

información de todos los acontecimientos sucedidos desde el inicio de operación hasta el mes actual que hacen un total de 9 meses, esta data es la más importante para la investigación.

Esta información transcrita es la matriz inicial del proceso de investigación de la tesis, cuyas tablas se encuentran en el anexo 01.

El resumen de los check list se representan en tabla a continuación: detallando de manera general el estado actual del mantenimiento, indicando el total de fallas ocurridas en los meses de estudio, el número de fallas por equipos y el total de fallas en las maquinarias de planta de chancado.

CANTIDAD DE FALLAS POR MAQUINARIA EN TIEMPO DE ESTUDIO								
EQUIPO O MAQUINARIA DE PLANTA DE CHANCADO SOJO	MESES DE ESTUDIO 2020, 2021							TOTAL, DE FALLAS OCURRIDAS EN MAQUINARIAS
	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	
TOLVA PRIMARIA			1			2		3
ALIMENTADOR VIBRATORIO							2	2
F. INCLINADA 1 - ALIMENTACIÓN OVER	1			3			1	5
ZARANDA FACSOL 1		3	1			1		5
CHANCADORA DE QUIJADAS TRIO								0
FAJA DESCARGA 1 - ARENA		2	1	1				4
F. INCLINADA 2 – ALIMENTACIÓN PIEDRA CHANCADA 2.5" A 6"	1							1
ZARANDA FACSOL 2		1					1	2
F. INCLINADA 3 - ALI. CHANCADORA CONICA PEGSON								0
F. INCLINADA 4 - ALI. DE CHAN. PEGSON A ZARA. SIMPLICITY	4		1			1		6
CHANCADORA CONICA PEGSÓN 900		2	2	5	1	1		11
F. INCLINADA 5 - ALI. DE ZARAN. SIMPLICITY A CHAN. PEGSÓN								0
ZARANDA VIBRATORIA SIMPLICITY		9	5	9	4	2	4	33
FAJA DESCARGA 2 - HUSO 8-9			1					1
FAJA DESCARGA 3 - HUSO 6-7	1		2			1		4
FAJA DESCARGA 4 - HUSO 5-7								0
FAJA DESCARGA 5 - ALARGE HUSO 5-7								0
FAJA DESCARGA 6 - DESECHO MALLA 200				1				1
CARGADOR FRONTA CAT 966	3	7	10	1	3	2	1	27
RETROEXCAVADORA CAT 336 D		1	1		1			3

Tabla: 04, Descripción general de la cantidad de fallas por equipos
Fuente: Elaboración propia, 2021

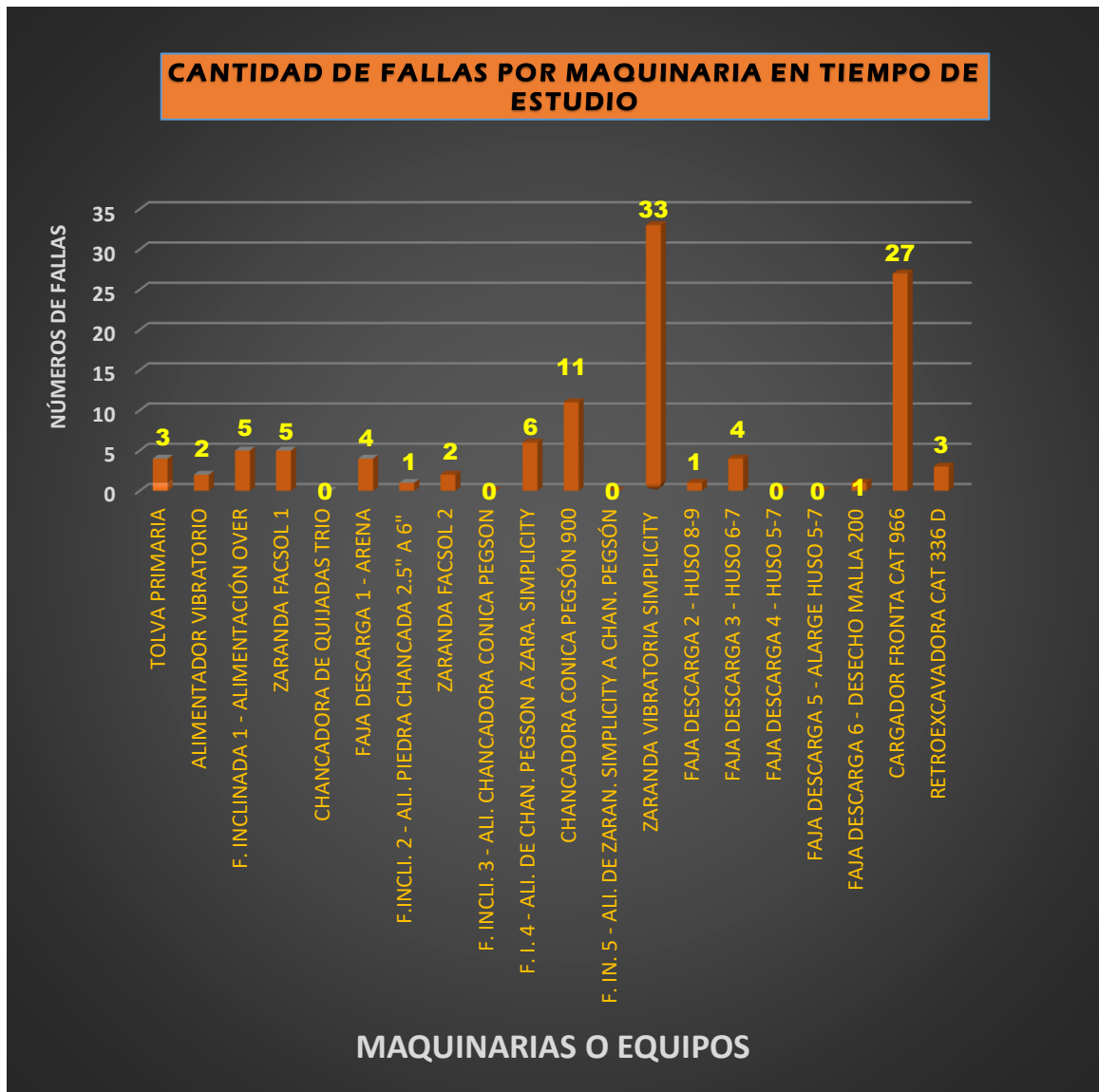


Figura : 23 , Cantidad de fallas por equipó
Fuente: Elaboración propia, 2021

4.3. Análisis de criticidad a equipos de planta para determinar cuál intervenir.

Basados en la información obtenida anteriormente, se procede a efectuar el análisis de criticidad, esta es una herramienta metodológica que nos ayuda a establecer un nivel de jerarquía considerando las prioridades de los procesos, sistemas y equipos, consiguiendo tener una estructura que ayude a la toma de decisiones adecuada, asertiva y efectiva, consiguiendo así poder direccionar los recursos y el esfuerzo hacia los equipos de mayor importancia a fin de mejorar la confiabilidad operacional (Parra Marquez, y otros, 2012).

Bajo los conceptos antes expuestos, se establecieron criterios y niveles de valoración a los equipos de planta con la finalidad de aplicar matemáticamente la criticidad la que se expresa como:

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

Donde:

Frecuencia: Asociada al número de eventos o averías presentes en el sistemas o proceso en estudio.

Consecuencia: Unida a criterios propios del contexto operacional estos tenemos: frecuencia de fallas, seguridad y medio ambiente, calidad, costos, producción, Tiempo de reparación.

Consecuencia = (impacto de nivel de producción v

Mediante lo indicado se elabora matriz de criticidad para determinar los equipos principales y se procede a la evaluación mediante los criterios indicados a continuación.

- **Frecuencia de falla:** Criterio considerado en base a la cantidad de fallas ocurridas en el tiempo de operación de los equipos, esta valoración fue muy sencilla de determinar debido a que se tiene información en los check list y reportes de producción, definiendo la ponderación como se muestra en tabla, a continuación.

CRITERIO	PUNTAJE	DESCRIPCIÓN DEL CRITERIO
FRECUENCIA DE FALLA	1	NO PRESENTA FALLAS
	2	PRESENTA DE 1 - 2 FALLAS X MES
	3	PRESENTA DE 3 - 4 FALLAS X MES
	4	MAYOR A 4 FALLAS AL MES

Tabla: 05, Valoración del criterio Frecuencia de falla

Fuente: Elaboración propia, 2021

- **Seguridad y medio ambiente:** Este criterio fue determinado por el área de seguridad y medio ambiente de la empresa contratante y los valores brindados se muestra en tabla, a continuación.

CRITERIO	PUNTAJE	DESCRIPCIÓN DEL CRITERIO
SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	1	SIN OCURRENCIAS QUE AFECTEN AL S.M.A.
	2	OCURRENCIAS DE EVENTOS CON AFECCIONES BAJAS AL S.M.A.
	3	OCURRENCIAS DE EVENTOS CON AFECCIONES MEDIAS AL S.M.A.
	4	OCURRENCIAS DE EVENTOS CON AFECCIONES ALTAS AL S.M.A

Tabla: 06, Valoración del criterio Seguridad y medio ambiente
Fuente: Elaboración propia, 2021

- **Control de Calidad:** Los valores dado a este criterio los realizo el área de laboratorio que efectúa pruebas al material momentos ante de ingresar al acopio de materia prima de la planta de premezclado y prefabricados.

CRITERIO	PUNTAJE	DESCRIPCIÓN DEL CRITERIO
CONTROL DE CALIDAD	1	PRODUCTO NO CONTAMINADO
	2	25 % DE CONTAMINACIÓN DEL PRODUCTO
	3	50 % DE CONTAMINACIÓN DEL PRODUCTO
	4	100 % CONTAMINACIÓN DEL PRODUCTO

Tabla: 07, Valoración de criterio de Control de calidad
Fuente: Elaboración propia, 2021

- **Costos de Reparación:** Evaluado y determinado por el área de administración y mantenimiento considerando los valores de acuerdo a los gastos efectuados en estos siete meses transcurridos de operación esta tabla quedo descrita como se muestra, a continuación.

CRITERIO	PUNTAJE	DESCRIPCIÓN DEL CRITERIO
IMPACTO COSTOS DE REPARACIÓN	1	COSTOS DE REPARACIÓN MENORES A 3,000.00
	2	COSTOS DE REPARACIÓN ENTRE 3,000.00 A 5,000.00
	3	COSTOS DE REPARACIÓN ENTRE 5,000.00 A 7,000.00
	4	COSTO DE REPARACIÓN MAYORES A 7,000.00

Tabla: 08, Valoración de criterio de Costos de reparación
Fuente: Elaboración propia, 2021

- **Nivel de Producción:** La valoración se precisó en base a información recogida de guías de remisión y reporte de despacho de agregados de la

cantera hacia la planta de prefabricados, y mediante previa evaluación de la jefatura de planta quien es la encargada del manejo de las operaciones en la cantera, quedando como descripción y valores indicados en tabla, a continuación.

CRITERIO	PUNTAJE	DESCRIPCIÓN DEL CRITERIO
IMPACTO EN EL NIVEL DE PRODUCCIÓN	1	PRODUCCIÓN NORMAL
	2	DEJA DE PRODUCIR EL 25 %
	3	DEJA DE PRODUCIR EL 50 %
	4	DEJA DE PRODUCIR EL 100 %

Tabla: 09, Valoración de criterios de Nivel de producción
Fuente: Elaboración propia, 2021

- **Tiempo Medio de Reparación:** Este es designado por el área de mantenimiento sus valores son establecidos considerando los tiempos de demora en las intervenciones de mantenimiento a los equipos de la planta de trituración quedando establecido como se muestra, a continuación.

CRITERIO	PUNTAJE	DESCRIPCIÓN DEL CRITERIO
MTTR (TIEMPO MEDIO DE REPARACIÓN)	1	TIEMPO DE REPARACIÓN MENOR A 15 minutos
	2	TIEMPO DE REPARACIÓN ENTRE A 15 A 30 minutos
	3	TIEMPO DE REPARACIÓN ENTRE A 30 A 50 minutos
	4	TIEMPO DE REPARACIÓN MAYOR A 50 minutos

Tabla: 010, Valoración de criterio de Tiempo medio de reparación
Fuente: Elaboración propia, 2021

Luego de establecer los criterios y ponderaciones se elabora matriz de criticidad por riesgo donde una de las herramientas utilizadas es la escala de colores quien define en base a sus valoraciones las condiciones de cada equipo y de acuerdo al resultado de este se procede a determinar el grado de criticidad. Para ello se muestra tabla, a continuación.

TABLA DE VALORES DE CRITICIDAD		
ESCALA	DESCRIPCIÓN	COLOR
1 - 7	NO CRITICO	
8 - 10	POCO CRITICO	
11 - 17	MEDIO CRITICO	
18 - 25	CONSIDERABLEMENTE CRITICO	
26 a +	DEMASIADO CRITICO	

Tabla: 011, Escala de colores y valoraciones
Fuente: Elaboración propia, 2021

4.3.1. MATRIZ DE ANALISIS DE CRITICIDAD CUANTITATIVO POR RIESGO

En tabla a continuación se evalúa las maquinarias y equipos de acuerdo a la ponderación dada a cada criterio, para determinar los equipos por con valores por encima de los establecidos serán determinados como críticos y se procederá a ser evaluados por medio de tablas AMEF y herramienta de determinación NPR.

MAQUINARIA	CRITERIOS								A	CRITERIOS																B	CONSECUENCIA	FRECUCENCIA					VALOR DE CRITICIDAD				
	IMPACTO EN EL NIVEL DE PRODUCCIÓN				TPPR					FRECUCENCIA DE FALLAS				SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE				CONTROL DE CALIDAD				COSTOS DE REPARACIÓN						FRECUCENCIA									
	1	2	3	4	1	2	3	4		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			1	2	3	4	5					
																																		No paraaliza la planta	Paraaliza el 25% la planta	Paraaliza el 50% la planta	Paraaliza Toda la planta el 100%
TOLVA PRIMARIA	1				1				1		2			1						1									5	6	1						6
ALIMENTADOR VIBRATORIO	1				1				1		2			1						1									5	6	1						6
FAJA INCLINADA 1 - ALIMENTACIÓN OVER / HORMIGON	1					2			2		2			1						1									5	7	1						7
ZARANDA FAC SOL 1		2				2			4		2			1						1									5	9	1						9
CHANCADORA DE QUIJADAS TRIO			3			2			6	1				1						1									4	10	1						10
FAJA DESCAGA 1 - ARENA	1					2			2		2			1						1									5	7	1						7
F. INCLINADA 2 - ALIMENTACIÓN PIEDRA CHANCADA TAMAÑO MAX. 2.5" / 6"		2			1				2	1				1						1									4	6	1						6

ZARANDA FACSO 2		2			2		4		2		1			1			1			5	9	1					9
FAJA INCLINADA 3 - ALIMENTACIÓN CHANCADORA CONICA PEGSON		2			2		4		2		1			1			1			5	9	1					9
FAJA INCLINADA 4 - ALIMENTACIÓN ZARANDA SIMPLICITY		2			2		4		2		1			1			1			5	9	1					9
CHANCADORA CONICA PEGSÓN 900			3				4	12			4		2			1				4	11	23			4		92
FAJA INCLINADA 5 - ALIMENTACIÓN DE CHANCADORA PEGSÓN A SIMPLICITY		2			2		4		2		1			1			1			5	9	1					9
ZARANDA VIBRATORIA SIMPLICITY 8' X 16' (ft)				4			4	16			4	1			2					4	11	27			4		108
FAJA DESCARGA 2 - HUSO 8-9	1				1			1	1			1				1				4	5	1					5
FAJA DESCARGA 3 - HUSO 6-7	1					2		2				2				1				5	7	1					7
FAJA DESCARGA 4 - HUSO 5-7	1					2		2				2				1				5	7	1					7
FAJA DESCARGA 5 - ALARGE HUSO 5-7	1				1			1	1			1				1				4	5	1					5
FAJA DESCARGA 6 - DESECHO MALLA 200	1				1			1	1			1				1				4	5	1					5
CARGADOR FRONTAL CAT 966	1					3		3			4	1				1				3	9	12			4		48
RETROEXCAVADORA CAT 336D	1					3		3				2				1				2	6	9	1				9

Tabla: 012, Matriz de Análisis de Criticidad por riesgo

Fuente: Elaboración propia, 2021

De la información obtenida en matriz de criticidad se establece que dentro del estudio efectuado a las maquinarias de la planta se cuenta con 03 equipos críticos los que pasarían a ser evaluados y analizados.

4.4. Evaluación de las mejoras propuestas para establecer el plan de mantenimiento implementado.

De acuerdo a lo indicado en este objetivo se procesa información obtenida de las tablas anteriormente, más resultados de matriz de criticidad y se determina las mejoras propuestas para la implementación del plan.

4.4.1. Mejora en Identificación de los indicadores de mantenimiento: Partiendo para ello con la elaboración de tablas resumidas por maquinaria de planta, definidas como más **críticas** para conocer sus indicadores y poder efectuar el análisis.

En tabla siguiente se detalla los meses de operación, horas totales del mes, descripción de la falla, tipo de falla, cantidad de fallas, horas de parada por falla y horas programadas por mantenimiento, esta información con el fin de determinar indicadores MTBF, MTTR de la chancadora cónica pegson.

Como se muestra en tabla a continuación.


CHANCADORA CONICA PEGSON	MESES 2020, 2021	DIAS	HORAS	DESCRIPCIÓN DE FALLA	NUMERO DE FALLAS	TIPO DE FALLA	PARADAS IMPREVISTAS (horas)	PARADAS PROGRAMADAS (horas)
	Septiembre	30	720	Parada por falla en paro de emergencia de motor principal	1	Eléctrica	4.08	0
				Llave termomagnética de tablero de chancadora se desactiva	1	Eléctrica	6.3	0
	Octubre	31	744	Reparación de chute de descarga de chancadora Pegsón	1	Mecánica	1.25	0
				Desprendimiento de Mantle (rotura de termobacking)	1	Mecánica	73.3	0
	Noviembre	30	720	No funciona paro de emergencia ni detector de metal	1	Eléctrica	4.5	0
				Problema eléctrico tablero de chancadora Pegson	1	Eléctrica	8.5	0
	Diciembre	31	744	Parada por falla en paro de emergencia	1	Eléctrica	3	0
				Falla en bolh, se suspendió la producción	1	Operación	7.3	0
				Parada por falla en paro de emergencia	1	Eléctrica	2.3	0
				Falla sistema hidráulico de ajuste y calibración	1	Mecánica	8	0
	Enero	31	744	Desprendimiento de Mantle (rotura de termobacking)	1	Mecánica	169	0
	Enero	31	744	Desprendimiento de Mantle (rotura de termobacking)	1	Mecánica	70	0
	Febrero	28	672	Falla en tablero principal de arranque	1	Eléctrica	7	0
	Marzo	31	744	Falla en tablero principal de arranque	1	Eléctrica	2.5	0
TOTAL		212	5088		14		367.03	0

Tabla: 013, Descripción de fallas en chancadora cónica Pegson
Fuente: Reporte de producción, 2020 - 2021

La chancadora cónica Pegson, en la cantidad de meses de estudio presento 14 fallas con un tiempo de paralización de 367.03 horas, teniendo como fallas repetitivas en un numero de 8 fallas eléctricas, 5 fallas mecánicas y 1 por operación.

y se elabora plantillas en excel con la finalidad de determinar los indicadores de mantenimiento apoyados mediante las fórmulas descritas a continuación.

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total de operación} - \text{Tiempo de Inactividad}}{\text{Numero de fallas}}$$

$$MTBF_{7MESES} = \frac{5088 - 367.03}{14} = 337.2121 \frac{\text{Horas}}{\text{Falla}}$$

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo de inactividad}}{\text{Numero de fallas por maquina}}$$

$$MTTR_{7MESES} = \frac{367.03}{14} = 26,216 \frac{\text{Horas}}{\text{Falla}}$$

Los datos obtenidos son descargados en tabla a continuación para posteriormente ser evaluados con indicadores actuales efectuado el análisis y mejoras planteadas.


CHANCADORA CONICA PEGSON	MESES 2020, 2021	DIAS	HORAS	NUMERO DE FALLAS	HORAS X PARADAS IMPREVIST.	HORAS X PARADAS PROGRAM.	TASA DE FALLA	MTTR	MTBF	CONFIAB.	DISPONI.
	Septiembre	30	720	2	10.38	0	0.28%	5.190	354.810	93.46%	98.56%
	Octubre	31	744	2	74.55	0	0.30%	37.275	334.725	93.08%	89.98%
	Noviembre	30	720	2	13	0	0.28%	6.500	353.500	93.44%	98.19%
	Diciembre	31	744	5	189.6	0	0.90%	37.920	110.880	80.54%	74.52%
	Enero	31	744	1	70	0	0.15%	70.000	674.000	96.50%	90.59%
	Febrero	28	672	1	7	0	0.15%	7.000	665.000	96.46%	98.96%
	Marzo	31	744	1	2.5	0	0.13%	2.500	741.500	96.82%	99.66%
							INDICADORES 7 MESES DE ESTUDIO				
TOTAL	212	5088	14	367.03	0	0.30%	26.216	337.212	93.13%	92.79%	

Tabla: 014, Indicadores de mantenimiento chancadora cónica pegson

Fuente: Elaboración propia, 2021

En tabla siguiente se precisa los meses de operación, horas totales del mes, descripción de falla, tipo de falla, cantidad de fallas, horas de parada por falla y horas programadas por mantenimiento, esta información con el fin de determinar indicadores MTBF, MTTR. de la zaranda simplicity.


CHANCADORA CONICA PEGSON	MESES 2020, 2021	DIAS	HORAS	DESCRIPCIÓN DE FALLA	NUMERO DE FALLAS	TIPO DE FALLA	PARADAS IMPREVISTAS (horas)	PARADAS PROGRAMADAS (horas)
	Septiembre	30	720	Colocación de guarda, cruce eléctrico parada de emergencia	1	Eléctrica	1.04	0
				Malla ciega agujereada	1	Mecánica	2.11	0
				Soldeo de malla ciega	1	Mecánica	1.45	0
				Falso contacto en motor de zaranda	1	Eléctrica	9	0
				Cambio de mallas de zaranda huso 87	1	Mecánica	6	0
	Octubre	31	744	Problemas en tableros eléctricos de zaranda simplicity	1	Eléctrica	1	0
				Malla de Zaranda Simplicity en mal estado huso-89	1	Mecánica	5.35	0
				Desalineamiento de poleas de motor y eje excéntrico	1	Mecánica	2.35	0
				Parchado de malla de 3/4" huso 67	1	Mecánica	0.1	0
				Alineamiento de poleas	1	Mecánica	0.45	0
				Reparación de malla 3/4", cambio de malla	1	Mecánica	3.51	0
				Cambio de malla 3/4"	1	Mecánica	9	0
				Cambio de Malla ciega	1	Mecánica	8.5	0
	Noviembre	30	720	Soldeo de chute de salida hacia faja de piedra huso 57	1	Mecánica	2.5	0
				Parchado de malla de 3/4" huso 67	1	Mecánica	5.5	0
				Soldeo de malla ciega	1	Mecánica	6.5	0
				Parchado de malla de 8 mm huso 89	1	Mecánica	2.2	0
				Fajas de Transmisión de motor a eje excéntrico se salieron	1	Mecánica	2.4	0
				Fajas de transmisión de motor a eje excéntrico se volvieron a salieron	1	Mecánica	2.5	0
				Rotura de mallas ciegas	1	Mecánica	2.5	0
	Diciembre	31	744	Reparación de mallas ciegas	1	Mecánica	10	0
				Malla ciega sufrió rotura, se efectuó cambio	1	Mecánica	3	0
				Rotura de pernos de templadores de malla ciegas	1	Mecánica	1.2	0
				Rotura de templadores de mallas ciegas	1	Mecánica	3	0
				Fallo en parada de emergencia	1	Eléctrica	1.3	0
				Reparación malla de Simplicity	1	Mecánica	2.3	0
				Falla eléctrica parada de emergencia	1	Eléctrica	0.4	0
				Falla de mallas ciegas	1	Mecánica	2.4	0
	Enero	31	744	Soldeo de mallas ciegas	1	Mecánica	5	0
				Ajuste de templadores de mallas	1	Mecánica	2.4	0
				Reajuste de pernos de templadores Zaranda Simplicity	1	Mecánica	2	0
Parchado de deck de 1er nivel				1	Mecánica	1	0	
Centrado de motor eléctrico Zaranda Simplicity				1	Mecánica	2	0	
Febrero	28	672	Parchado de malla 3/4"	1	Mecánica	0.4	0	
			Rotura de faja de transmisión	1	Mecánica	7.5	0	
			Parado por contaminación de piedra en malla 3/4" huso 67	1	Mecánica	1	0	
Marzo	31	744	Fajas de transmisión se salieron de su lugar	1	Mecánica	2.4	0	
			Rotura de mallas ciegas	1	Mecánica	2.5	0	
			Cambio de reten de eje excéntrico	1	Mecánica	18.6	0	
			Cambio de rodamientos eje excéntrico	1	Mecánica	54.33	0	
TOTAL	212	5088	Recalentamiento de eje excéntrico y rodamientos	1	Mecánica	16.16	0	
			Cambio de rodamientos eje excéntrico	1	Mecánica	127.4	0	
					42		340.25	0

Tabla: 015, Descripción de fallas en Zaranda vibratoria Simplicity
Fuente: Elaboración propia

La zaranda vibratoria Simplicity, en la cantidad de meses de estudio presento 42 fallas con un tiempo de paralización de 340.25 horas, teniendo como fallas

repetitivas en un número de 4 fallas eléctricas, 38 fallas mecánicas y 1 por operación, con estos valores determinamos los indicadores MTBF: Tiempo medio entre falla y el MTTR: Tiempo medio por reparación.

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total de operación por maquina} - \text{Tiempo de inactividad}}{\text{Numero de fallas por maquina}}$$

$$MTBF_{7MESES} = \frac{5088 - 340.25}{42} = 113.042$$

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo de inactividad}}{\text{Numero de fallas por maquina}}$$

$$MTTR_{7MESES} = \frac{340.25}{42} = 8,101$$

Los valores obtenidos son descargados en tabla a continuación para posteriormente ser evaluados con indicadores actuales posterior al análisis.


ZARANDA VIBRATORIA SIMPLICITY	MESES 2020, 2021	DIAS	HORAS	NUMERO DE FALLAS	HORAS X PARADAS IMPREVISTAS	HORAS X PARADAS PROGRAMADAS	TASA DE FALLA	MTTR	MTTF	CONFIAB.	DISPONI.
	Septiembre	30	720	5	19.6	0	0.71%	3.920	140.080	84.25%	97.28%
	Octubre	31	744	9	32.76	0	1.27%	3.640	79.027	73.81%	95.60%
	Noviembre	30	720	7	31.6	0	1.02%	4.514	98.343	78.35%	95.61%
	Diciembre	31	744	9	21	0	1.24%	2.333	80.333	74.17%	97.18%
	Enero	31	744	5	12.9	0	0.68%	2.580	146.220	84.86%	98.27%
	Febrero	28	672	3	5.9	0	0.45%	1.967	222.033	89.75%	99.12%
	Marzo	31	744	4	216.49	0	0.76%	54.123	131.878	83.36%	70.90%
	TOTAL	212	5088	42	340.25	0	0.88%	8.101	113.042	80.87%	93.31%

Tabla: 016, Indicadores de mantenimiento de zaranda vibratoria Simplicity

Fuente: Elaboración propia, 2021

4.4.2. Mejora del Análisis de Fallas: Para establecer esta mejora se elabora hojas AMEF por cada sub sistema del equipo crítico determinado en evaluación de la matriz de riesgo, las hojas designan un valor numérico por cada falla potencial en cada subsistema analizado en base a gravedad, ocurrencia y detección; criterios determinados para obtener el N.P.R. con el fin de establecer la condición actual de

la avería, en figura a continuación se presenta las partes principales de la chancadora cónica Pegson.

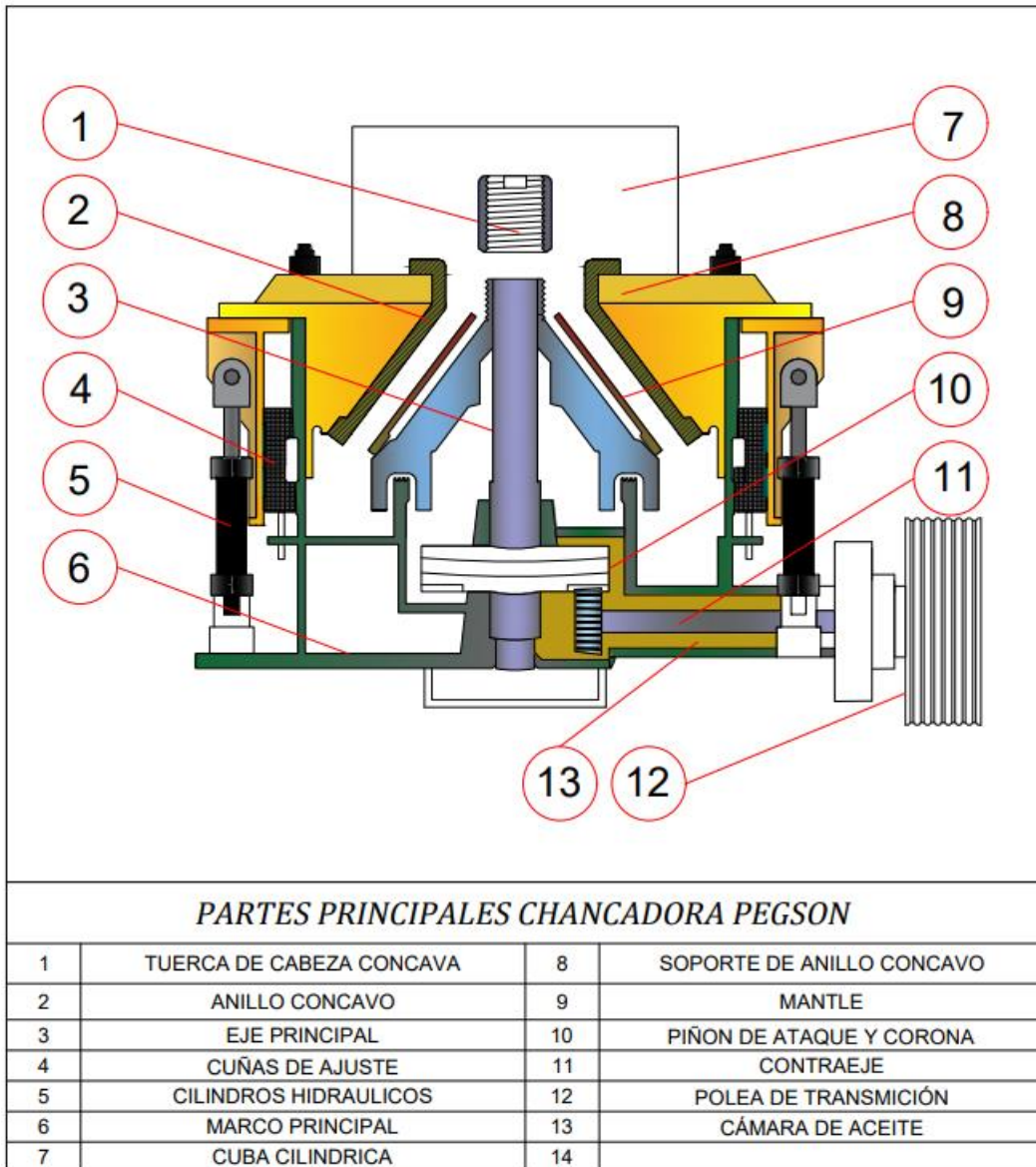

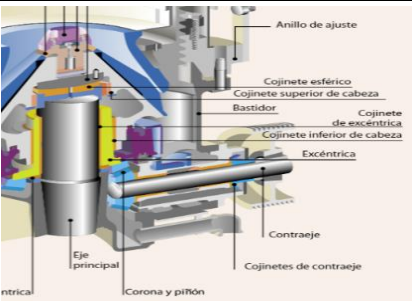
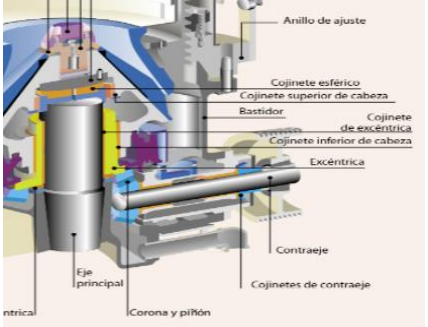



Figura : 24 , Corte transversal chancadora cónica Pegson
Fuente: Elaboración propia, 2021

4.4.2.1. HOJAS A.M.E.F. Y N.P.R. DE EQUIPOS CRITICOS: a continuación, en hojas análisis de modo y efecto de falla, numero NPR


HOJA DE INFORMACION AMEF			PERSONAL DE MANTENIMIENTO		PAGINA N°: 1 DE 1	AMEF N° = 01				
SISTEMA: CHANCADORA CONICA PEGSON			JUAN CARLOS RODRIGUEZ HERNANDEZ		FECHA:					
			JOEL IDROGO VIDARTE		CONDICIONES EXISTENTES					
SUB SISTEMA	FUNCIÓN QUE DESEMPEÑA	MODO DE FALLO Y POTENCIAL	EFECTO POTENCIALES DE FALLO	CAUSA DE FALLA	CONTROLES ACTUALES	G	O	D	NPR	
1		Triturar el material a través de aplicación de presión y excentricidad mediante giro hidráulico - dinámico	Aflojamiento y ruptura de soldadura de tuerca en cabeza cónica.	desprendimiento de mantle y abolladura de asiento de mantle en cabeza cónica.	Tipo de soldadura aplicada no es la adecuada para la unión de piezas al manganeso y Asiento de cabeza cónica desgastada	Uso de soldadura welmang para soldeo de tuerca y mantle, reparación, relleno y mecanizado de asiento cónico.	8	10	3	240
			Desgaste excesivo del anillo cóncavo.	Fisura, ruptura del anillo cóncavo.	Material fundido no cumple las características de resistencia, material chancado muy abrasivo	Cambio de forros de manganeso	3	5	5	75
			Juego entre soporte cóncavo bowl y marco principal	Desgaste de retenes de pistones hidráulicos de regulación	Mala calibración de ajuste de cuñas	Cambio de placas de fricción y ajuste alineado	4	4	5	80
			exceso de desgaste de bocinas	Fisuras en eje principal	Ingreso de polución en aceite de lubricación.	Cambio de sellos de baquelita en guías laberinto	6	5	5	150


HOJA DE INFORMACION AMEF			PERSONAL DE MANTENIMIENTO		PAGINA N°: 2 DE 1	AMEF N° = 01				
SISTEMA: CHANCADORA CONICA PEGSON			JUAN CARLOS RODRIGUEZ HERNANDEZ		FECHA:					
			JOEL IDROGO VIDARTE		CONDICIONES EXISTENTES					
SUB SISTEMA	FUNCIÓN QUE DESEMPEÑA	MODO DE FALLO Y POTENCIAL	EFECTO POTENCIALES DE FALLO	CAUSA DE FALLA	CONTROLES ACTUALES	G	O	D	NPR	
2		Produce giro excéntrico en una velocidad de 320 RPM	Bocina excéntrica dañada	Rotura de bocina excéntrica	falta de lubricación, luz de lubricación entre eje principal y bocina	Cambio de bocina excéntrica	8	2	8	128
			Eje principal no gira de manera correcta	Atoro de material en cámara de chancado	Barrido de dientes de piñón contra eje y dientes de corona	Dispositivo termomagnético por exceso de sobre corriente	8	5	6	240
			Vibración excesiva del Equipo	Rotura de bases de caucho de amortiguación	Bocina excéntrica desgastada	Lubricación adecuada	4	7	6	168
			Trabado de Contra eje	Pegado de contra eje con su bocina	Deterioro de manguera de lubricación	Manómetro de control de presión	2	3	3	18


HOJA DE INFORMACION AMEF			PERSONAL DE MANTENIMIENTO		PAGINA N°: 3 DE 1	AMEF N° = 01				
SISTEMA: CHANCADORA CONICA PEGSON			JUAN CARLOS RODRIGUEZ HERNANDEZ		FECHA:	CONDICIONES EXISTENTES				
			JOEL IDROGO VIDARTE							
SUB SISTEMA	FUNCIÓN QUE DESEMPEÑA	MODO DE FALLO Y POTENCIAL	EFECTO POTENCIALES DE FALLO	CAUSA DE FALLA	CONTROLES ACTUALES	G	O	D	NPR	
3	 <p>EJE PRINCIPAL</p>	Transmitir Movimiento	Gripaje en eje principal y bocina excéntrica	Desgaste de bocina excéntrica	Tolerancia excesiva entre eje y bocina no adecuado	Aceite de lubricación adecuado y bien filtrado	9	4	4	144
			Eje principal se paraliza	Atoro de chancadora y quemado de fajas por fricción entre caucho y polea	desgaste en asiento de bronce	Cambio de asiento de bronce	8	4	7	224
			Exceso de temperatura en carcasa de eje motriz	Recalentamiento de eje	Unión de bocinas por fricción	Lubricación adecuada	6	4	2	48
			juego axial excesivo en rodamientos	desgaste de rodillos y asientos cónicos	Falta de lubricación	Lubricación adecuada	8	4	3	96


HOJA DE INFORMACION AMEF			PERSONAL DE MANTENIMIENTO		PAGINA N°: 5 DE 1	AMEF N° = 01				
SISTEMA: CHANCADORA CONICA PEGSON			JUAN CARLOS RODRIGUEZ HERNANDEZ		FECHA:	CONDICIONES EXISTENTES				
			JOEL IDROGO VIDARTE							
SUB SISTEMA	FUNCIÓN QUE DESEMPEÑA	MODO DE FALLO Y POTENCIAL	EFECTO POTENCIALES DE FALLO	CAUSA DE FALLA	CONTROLES ACTUALES	G	O	D	NPR	
5	 <p>MOTOR ELECTRICO PRINCIPAL</p>	Transmitir Fuerza Motriz, para convertir en energía mecánica	Desalineamiento de base de motor	Rotura de fajas transmisión	Tensado de fallas no se consideró alineamiento de poleas	Alineamiento de poleas	3	6	4	72
			Paralizado de motor	rotura de fajas de transmisión	Atoro de material en Over	Verificar Calibración, ver cantidad de alimentación de over	9	6	4	216
			Demasiada vibración	Quemado de bobinado de motor	Rodamientos fatigados	Cambio de rodamientos	4	7	6	168
			Activo sistema de sobre corriente	Parada de equipo en su totalidad	Excesivo material de retorno en la cámara de trituración	Verificar material de manera permanente y calibrar de forma manual	8	8	1	64


HOJA DE INFORMACION AMEF			PERSONAL DE MANTENIMIENTO		PAGINA N°: 6 DE 1	AMEF N° = 01				
SISTEMA: CHANCADORA CONICA PEGSON			JUAN CARLOS RODRIGUEZ HERNANDEZ		FECHA:	CONDICIONES EXISTENTES				
			JOEL IDROGO VIDARTE							
SUB SISTEMA	FUNCIÓN QUE DESEMPEÑA	MODO DE FALLO Y POTENCIAL	EFECTO POTENCIALES DE FALLO	CAUSA DE FALLA	CONTROLES ACTUALES	G	O	D	NPR	
6		Lubricar todo el mecanismo interior de chancadora	Hendidura en bocina excéntrica y eje principal	Trabado de eje principal con bocina excéntrica por fricción	Falta de lubricación en sistema mecánico interior	Flujómetro de control de pase de aceite	9	5	5	225
			Unión de contra eje y bocina de contra eje	Unión de piezas metálicas por fricción	manguera de lubricación deteriorada, obstruida	Verificación visual de manguera de lubricación	6	3	4	72
			No hay presión de aceite	Deterioro de piezas mecánicas, internas	Filtros obstruidos	Cambio de filtros	4	6	2	48
			Flujómetro averiado	No arranca chancadora	Aceite contaminado	Retenes de baquelita en asiento laberinto	3	3	2	18


HOJA DE INFORMACION AMEF			PERSONAL DE MANTENIMIENTO		PAGINA N°: 7 DE 1	AMEF N° = 01				
SISTEMA: CHANCADORA CONICA PEGSON			JUAN CARLOS RODRIGUEZ HERNANDEZ		FECHA:	CONDICIONES EXISTENTES				
			JOEL IDROGO VIDARTE							
SUB SISTEMA	FUNCIÓN QUE DESEMPEÑA	MODO DE FALLO Y POTENCIAL	EFECTO POTENCIALES DE FALLO	CAUSA DE FALLA	CONTROLES ACTUALES	G	O	D	NPR	
7		Efectuar arranque y parada de equipos eléctricos.	Paralización de Chancadora	Bomba de lubricación no enciende	Parada de emergencia activada, o en falso contacto sus terminales	Colocar pilotos a cada parada de emergencia	8	4	5	160
			Arranque de chancadora no activa	Chancadora no enciende	Enclavamiento de bomba de lubricación en falso contacto	Piloto de temporizador	8	4	1	32
			Se apaga por exceso de temperatura	Se paraliza chancadora	Recalentamiento de motor por forzar trabajo de chancadora con excesivo material	Termistor	8	4	3	96
			Equipo de chancado paralizado	Atoro de material en cámara de chancado	Sobrecarga de corriente, por excesivo retorno de piedra chancada	Amperímetro	8	6	3	144


HOJA DE INFORMACION AMEF			PERSONAL DE MANTENIMIENTO		PAGINA N°: 1 DE 2	AMEF N° = 01				
SISTEMA: ZARANDA VIBRATORIA SIMPLICITYI			JUAN CARLOS RODRIGUEZ HERNANDEZ		FECHA:					
			JOEL IDROGO VIDARTE		CONDICIONES EXISTENTES					
SUB SISTEMA	FUNCIÓN QUE DESEMPEÑA	MODO DE FALLO Y POTENCIAL	EFECTO POTENCIALES DE FALLO	CAUSA DE FALLA	CONTROLES ACTUALES	G	O	D	NPR	
1		Genera vibración mecánica para el zarandeo de piedra triturada a partir del giro del motor.	Desgaste de bocinas	Deterioro de retenes	Falta de lubricación, ajuste inadecuado	Cambio de bocinas	3	4	4	48
			Desgaste de eje	Desgaste de bocina	Mala instalación de la bocina	Cambio de bocinas	3	4	4	48
			Rotura de eje	Paralización del equipo	Desgaste de rodamientos,	Cambio de rodamientos	8	5	6	240
			Exceso de Vibración en estructura	Rajadura de estructura metálica	Contrapesos sueltos, mala calibración	Instalación de pernos adecuados	6	5	5	150
			Desgaste de base de contrapesos	Rotura de base, rotura de fajas de transmisión	Ajustes de pernos inadecuados	Ajuste mediante Torquímetro	5	5	5	125

HOJA DE INFORMACION AMEF			PERSONAL DE MANTENIMIENTO		PAGINA N°: 2 DE 2	AMEF N° = 01				
SISTEMA: ZARANDA VIBRATORIA SIMPLICITYI			JUAN CARLOS RODRIGUEZ HERNANDEZ		FECHA:					
			JOEL IDROGO VIDARTE		CONDICIONES EXISTENTES					
SUB SISTEMA	FUNCIÓN QUE DESEMPEÑA	MODO DE FALLO Y POTENCIAL	EFECTO POTENCIALES DE FALLO	CAUSA DE FALLA	CONTROLES ACTUALES	G	O	D	NPR	
2		Alojamiento de Rodamientos, retenes y lubricación.	Desgaste de retenes	Paralización de equipo	Desgaste de labios de reten, falta de lubricación	Cambio de retenes	8	5	6	240
			Cristalización de labios de retenes	Avería de rodamientos	Retenes de fabricación local	Cambio de retenes originales	8	6	6	288
			Recalentamiento de carcasa	Gripaje de rodamientos	excesivo o bajo contenido de aceite de lubricación	Visor de aceite	8	4	4	128
			Rodamientos Averiados	Frenado de eje, paralización de equipo	Fatiga de rodamientos, no aplicaron mantenimiento preventivo	Reemplazo de rodamientos	8	2	4	64

HOJA DE INFORMACION AMEF			PERSONAL DE MANTENIMIENTO		PAGINA N°: 3 DE 2		AMEF N° = 01				
SISTEMA: ZARANDA VIBRATORIA SIMPLICITY			JUAN CARLOS RODRIGUEZ HERNANDEZ		FECHA:						
			JOEL IDROGO VIDARTE		CONDICIONES EXISTENTES						
SUB SISTEMA		FUNCIÓN QUE DESEMPEÑA	MODO DE FALLO Y POTENCIAL	EFFECTO POTENCIALES DE FALLO	CAUSA DE FALLA	CONTROLES ACTUALES	G	O	D	NPR	
3	 <p>SUSPENSIÓN</p>		Mitigar la vibración del equipo, mantener el alineamiento	Rotura de resortes	desalineamiento de zaranda vibratoria	Fatiga de resortes	Cambio de resortes	7	1	4	28
				Rajadura de estructura metálica	Desprendimiento de placas por segmentos	Rotura de pernos de asiento de resortes	Revisar pernos de soportes de resortes	5	4	4	80
				Rotura de asientos de zaranda en chasis	volteo de zaranda vibratoria	Resortes rotos	Cambio de resortes	3	2	5	30

HOJA DE INFORMACION AMEF			PERSONAL DE MANTENIMIENTO		PAGINA N°: 4 DE 2		AMEF N° = 01				
SISTEMA: ZARANDA VIBRATORIA SIMPLICITY			JUAN CARLOS RODRIGUEZ HERNANDEZ		FECHA:						
			JOEL IDROGO VIDARTE		CONDICIONES EXISTENTES						
SUB SISTEMA		FUNCIÓN QUE DESEMPEÑA	MODO DE FALLO Y POTENCIAL	EFFECTO POTENCIALES DE FALLO	CAUSA DE FALLA	CONTROLES ACTUALES	G	O	D	NPR	
4	 <p>Deck de Zarandeo y Mallas</p>		Cámaras de cribado y zarandeo a medidas determinadas	Rotura de mallas	Contaminación de Material, atoro chute de descarga	Desgaste de mallas, material muy abrasivo	Cambio de mallas	8	6	5	240
				Rotura de Templadores	Aflojamiento de mallas	Pernos flojos de templadores	Cambio de pernos laterales	6	4	6	144
				Desgaste de funda de eje	Desgaste de eje excéntrico por abrasión de los materiales	Uso de mallas rotas, no verificar parte interna de los deck	Observación directa de funda interior en deck	6	4	4	96
				Rotura de Pernos centrales	Rotura de mallas	Pernos flojo y rotura de cabeza hexagonal de perno	Cambio de pernos centrales	8	4	4	128

HOJA DE INFORMACION AMEF			PERSONAL DE MANTENIMIENTO	PAGINA N°: 5 DE 2	AMEF N° = 01				
SISTEMA: ZARANDA VIBRATORIA SIMPLICITYI			JUAN CARLOS RODRIGUEZ HERNANDEZ	FECHA:					
			JOEL IDROGO VIDARTE	CONDICIONES EXISTENTES					
SUB SISTEMA	FUNCIÓN QUE DESEMPEÑA	MODO DE FALLO Y POTENCIAL	EFFECTO POTENCIALES DE FALLO	CAUSA DE FALLA	CONTROLES ACTUALES	G	O	D	NPR
5	 <p>MOTOR ELECTRICO</p> <p>Encargado de entregar fuerza motriz para ser convertida en mecánica</p>	Desalineamiento de Base tensora de motor	Rotura fajas de transmisión	Mal alineamiento de poleas	Alineamiento de Poleas	4	4	2	32
		Paralizado de motor	Frenado de eje excéntrico	Lubricación inadecuada	Relleno continuo de aceite	8	4	4	128
		Se activa sistema de protección de sobre corriente	Quemado de motor	Mala calibración sistema de protección, gripaje de rodamientos	Amperímetro Digital	5	6	8	240
		Excesiva vibración	Rotura de patas de anclaje, quemado de bobinado eléctrico	Rodamientos demasiados fatigados	Cambio de rodamientos	4	6	3	72

HOJA DE INFORMACION AMEF			PERSONAL DE MANTENIMIENTO	PAGINA N°: 6 DE 2	AMEF N° = 01				
SISTEMA: ZARANDA VIBRATORIA SIMPLICITYI			JUAN CARLOS RODRIGUEZ HERNANDEZ	FECHA:					
			JOEL IDROGO VIDARTE	CONDICIONES EXISTENTES					
SUB SISTEMA	FUNCIÓN QUE DESEMPEÑA	MODO DE FALLO Y POTENCIAL	EFFECTO POTENCIALES DE FALLO	CAUSA DE FALLA	CONTROLES ACTUALES	G	O	D	NPR
6	 <p>TABLERO ELECTRICO</p> <p>Arranque, Parada y sistemas de protección del equipo</p>	No activa arranque	Zaranda no enciende	Parada de emergencia activada, o falso contacto en conexionado	Colocar pilotos a cada parada de emergencia	2	6	6	72
		exceso de temperatura	Se desactiva zaranda	Aumento de temperatura en estructura del motor eléctrico	Termistor	6	4	5	120
		Calentamiento en cable de acometida principal de tablero	Corto circuito	Mal dimensionamiento de conductor	Cambio de conductor	8	5	6	240
		Desactivación inesperada de Zaranda	Paralización de Zaranda	falso contacto en borneras	Reajuste de terminales en bornera y termografía	8	5	4	160

Las hojas de análisis AMEF mostradas correspondientes al sistema: **Chancadora cónica Pegson**, muestra la selección de las fallas de los equipos críticos evaluados. Se determinan los valores NPR para cada una de las fallas establecidas en el AMEF y mediante la correspondiente ponderación se establecen como:

- NPR >200 **Inaceptable (I)**
- 200 > NPR < 125 **reducción deseable (R)**
- 125 > NPR **Aceptable**

Por lo tanto, de la evaluación del NPR, podemos deducir que en la chancadora cónica Pegson **5 fallas son indeseables (17.86%)**, 8 fallas son reducibles a deseables (28.57%) y 15 fallas son aceptables (53.57%).

Las hojas de análisis AMEF mostradas correspondientes al sistema: **Zaranda vibratoria Simplicity**, muestra la selección de las fallas de los equipos críticos evaluados. Se determinan los valores NPR para cada una de las fallas establecidas en el AMEF y mediante la correspondiente ponderación

Por lo tanto, de la evaluación del NPR, podemos deducir que en la zaranda vibratoria Simplicity **6 fallas son indeseables (25.00%)**, 7 fallas son reducibles a deseables (29.20%) y 11 fallas son aceptables (45.80%).

4.4.3. Mejora Organizacional: Para considerar una mejora organizacional se evalúa la actual y de acuerdo a ella se considera contar con un cambio estructural del área de mantenimiento debido a que esta no cuenta con un responsable directo con la experiencia en la intervención de las máquinas.

El inicio de la evaluación de las mejoras al área de mantenimiento se efectúa analizando la cantidad de colaboradores con que se cuenta en el departamento de mantenimiento de la empresa la cual está conformada por:

- Técnico Mecánico : Nivel Medio.
- Técnico Electricista : Nivel Medio.
- Operario Soldador : Nivel Operativo.
- Ayudante Mecánico: Nivel Medio.

A continuación, se muestra figura con la organización actual de la empresa.

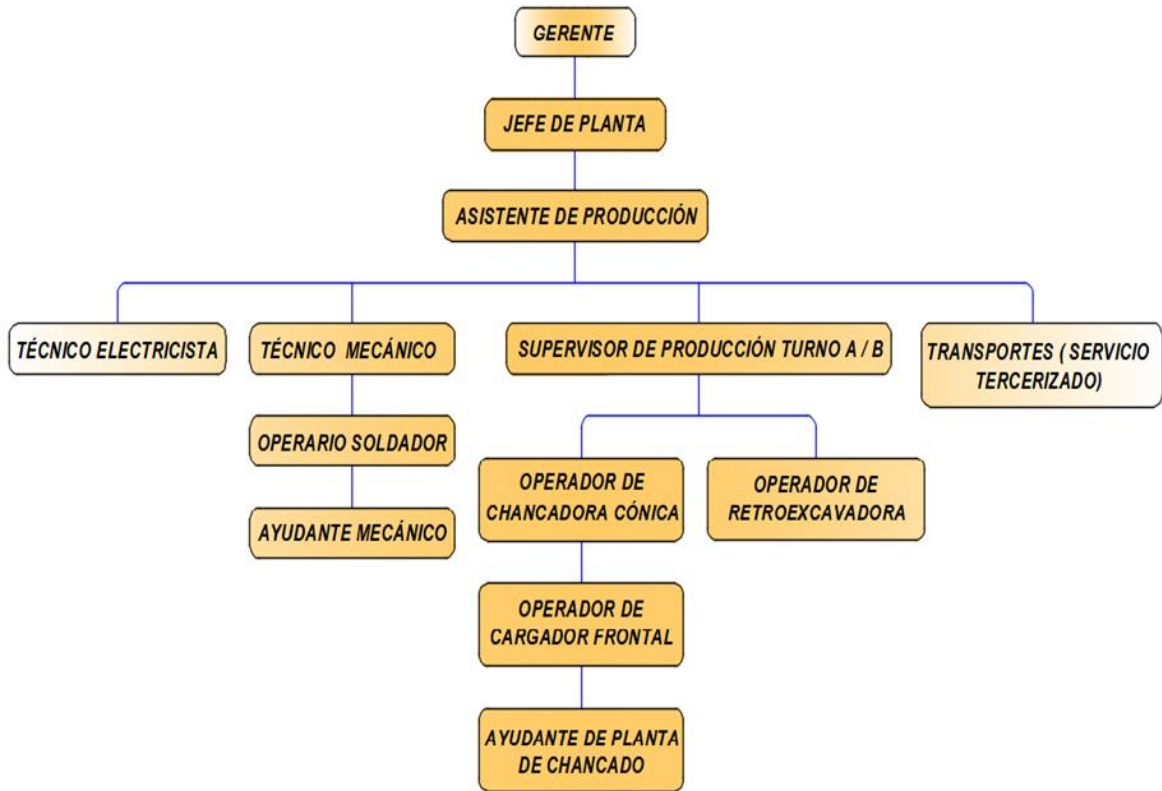


Figura : 25 , Organigrama Inicial de Planta de Chancado Sojo
Fuente: Elaboración propia, 2021

Con la organización anterior el personal de planta solo efectuaba labores básicas de lubricación, cambios de aceites y reparaciones correctivas. Como inicio de esta implementación se presenta la propuesta de reestructurar la organización y ser más proactivos para determinar el mantenimiento a equipos que originan el mayor número de fallas e intervenciones reactivas y paralización de planta, trayendo con ello menor producción y sobre costo a la planta de chancado.

En tal sentido, se ha visto conveniente ampliar funciones específicas a un departamento de Mantenimiento, cuya organización independiente se encuentre a cargo de un líder de Mantenimiento, acorde con las responsabilidades y coordinaciones con la parte productiva. Como toma de decisión la gerencia y la jefatura de operaciones consideran contar con un jefe de mantenimiento que cumpla con el perfil y la experiencia en este tipo de maquinarias, adicional a esto debe tener la capacidad del manejo de esta área. quien a su vez propone que es necesario contar con un colaborador más dentro de la organización teniendo en cuenta que actualmente no se tiene ningún control e historial del mantenimiento debido a que no se cuenta con el personal encargado de efectuar labores propias

de la gestión del mantenimiento, por tanto, se decide sumar un supervisor mecánico electricista quedando como nueva estructuración de la organización, tal como se estipula en el siguiente diagrama:

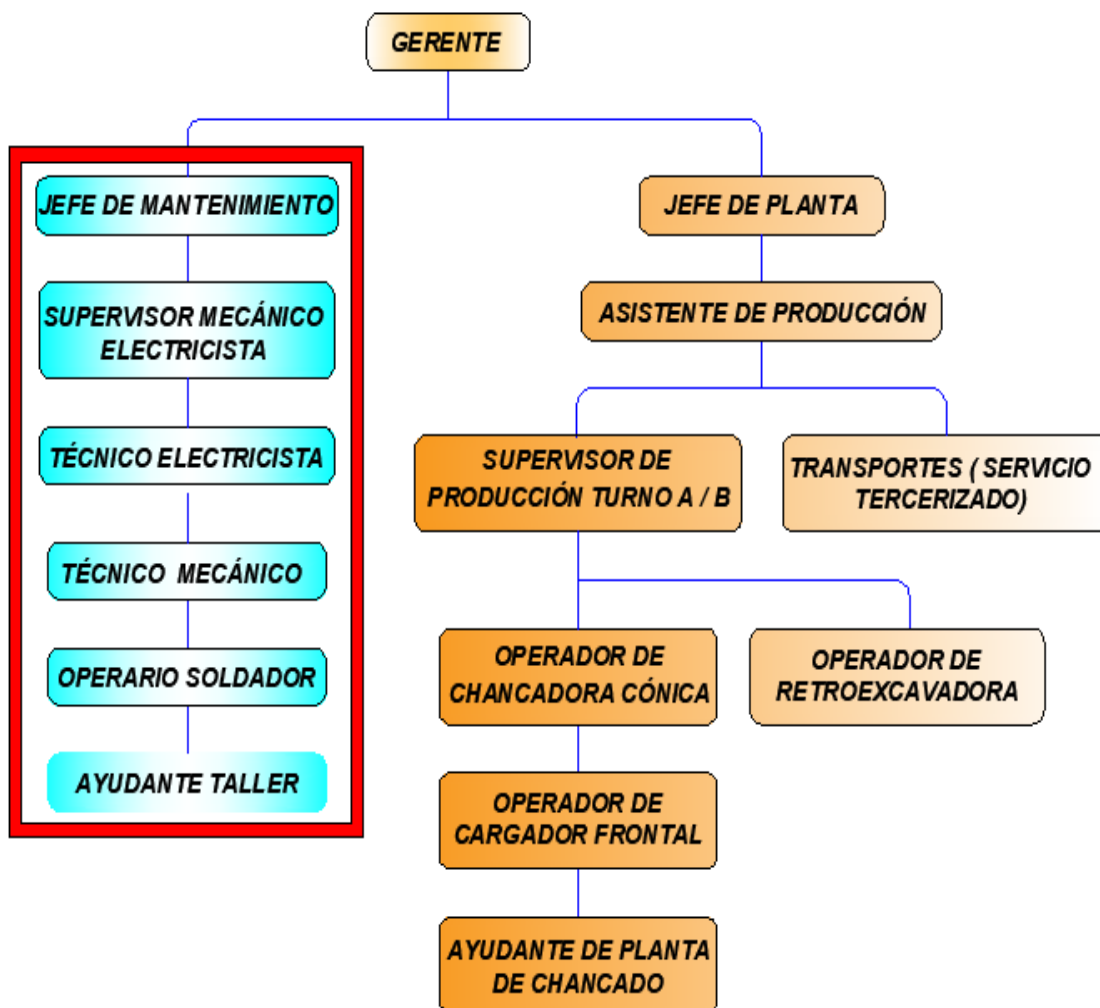


Figura : 26 , Organigrama actual de planta de chancado SOJO
Fuente: Elaboración propia

4.5. Efectuar cronograma de tareas, frecuencias del mantenimiento por equipo.

De acuerdo a la necesidad de los equipos críticos, se ha previsto realizar un programa de mantenimiento, acorde con las necesidades fundamentales de la planta Trituradora, en la cual se han realizado los estudios de tiempos y tareas claves para el buen desempeño de actividades propias del mantenimiento preventivo:

4.5.1. Programa de mantenimiento - inspecciones rutinarias

MANTENIMIENTO DE PLANTA TRITURADORA

FRECUENCIA	TRABAJO A REALIZAR	PROCEDIMIENTOS	TIEMPO DE TRABAJO (hrs)
DIARIO	TRITURADORA CONICA PEGSON	INSPECCION DE ESPARRAJOS DE CUÑAS DE BOLT	0.25
		INSPECCION DE FUGAS DE ACEITE EN PISTONES HIDRAULICOS	
		LUBRICAR GENERAL DE CHANCADORA PEGSON (VER HOJA DE PUNTOS DE ENGRASE)	
		INSPECCION DE NIVELES DE ACEITE SISTEMA LUBRICACION	
		INSPECCION DE NIVELES DE ACEITE EN TANQUE HIDRAULICO (Pistones)	
		INSPECCION DE CHUTES DE DESCARGAS	
	ZARANDA SIMPLICITY	INSPECCION DE MALLAS CLASIFICADORAS Y PERNOS DE SUJETACION (4 DECK)	0.2
		INSPECCION DE NIVELES DE ACEITE DE LOS CONTRA PESOS (04 LADOS)	
		LUBRICACION DE PUNTOS DE ENGRASE EN RETEN DE RODAMIENTOS DE LOS DOS EJES	
		INSPECCION DE CHUTES DE DESCARGAS	
		INSPECCION DE FAJAS DE TRANSMISION	
		INSPECCION DE FAJA SINCRONIZADORA	
SEMANAL	TRITURADORA CONICA PEGSON	INSPECCION Y CAMBIO DE GRASERAS DE LUBRICACION	0.35
		ENGRASE DE CUÑAS DE BOLT	
		INSPECCION DE MANGUERAS HIDRAULICAS DE PISTONES	
		INSPECCION DE CORDONES DE SOLDADURA DE CHUTE DE CHANCADORA	
		INSPECCION DE SOLDADURA DE TUERCA DE MANTTO	
	ZARANDA SINPLICITY	INSPECCION DE FAJAS DE TRANSMISION DE MOTOR Y FAJA SINCRONIZADORA	0.35
		AJUSTE DE PERNOS DE GUARDA DE SEGURIDAD DE MOTOR Y EJE EXCENTRICO	
		INSPECCION Y AJUSTE DE PERNOS TENSORES DE MALLAS	
		INSPECCION DE RESORTES DE ZARANDA SIMPLICITY	
		INSPECCION DE CHUTES DE DESCARGA DE ZARANDA	
		INSPECCION Y LUBRICACION DE GRASERAS	
MENSUAL	TRITURADORA CONICA PEGSON	INSPECCION Y CAMBIO DE GRASERAS DE LUBRICACION	2.5
		ENGRASE DE CUÑAS DE BOLT	
		INSPECCION DE MANGUERAS HIDRAULICAS DE PISTONES	
		INSPECCION DE CORDONES DE SOLDADURA DE CHUTE DE CHANCADORA	
		INSPECCION DE SOLDADURA DE TUERCA DE MANTTO	
		INSPECCION Y TENCION DE FAJAS DE TRANSMISION	
		INSPECCION DE MOTOR Y BOMBA HIDRAULICA	
		INSPECCION SISTEMA LUBRICACION	
		INSPECCION TRITURADOR PEGSON	
		INSPECCION TABLEROS ELECTRICOS	
		INSPECCION Y AJUSTE DE PERNOS A CHANCADORA	
		INSPECCION DE NIVELES DE ACEITE Y ENGRASE	
	INSPECCION DE MANOMETRO DE SISTEMA DE LUBRICACION		
	ZARANDA SIMPLICITY	INSPECCION Y TENCION DE FAJAS DE TRANSMISION DE MOTOR	1
		AJUSTE DE PERNOS DE GUARDA DE SEGURIDAD DE MOTOR Y EJE EXCENTRICO	
		INSPECCION DE PERNOS TENSORES DE MALLAS	
		INSPECCION DE RESORTES DE ZARANDA SIMPLICITY	
		INSPECCION DE CHUTES DE DESCARGA DE ZARANDA	
INSPECCION Y LUBRICACION DE GRASERAS			

4.5.2. Programa de mantenimiento preventivo secuencial para la Planta Trituradora:

MANTENIMIENTO DE PLANTA TRITURADORA

FRECUENCIA	TRABAJO A REALIZAR	PROCEDIMIENTOS	TIEMPO DE TRABAJO (hrs)
750 HORAS	TRITURADORA CONICA PEGSON	INSPECCION Y CAMBIO DE GRASERAS DE LUBRICACION	1
		ENGRASE DE CUÑAS DE VOLT	
		INSPECCION DE MANGUERAS HIDRAULICAS DE PISTONES	
		INSPECCION DE CORDONES DE SOLDADURA DE CHUTE DE CHANCADORA	
		INSPECCION DE SOLDADURA DE TUERCA DE MANTTO	
	ZARANDA SIMPLICITY	INSPECCION DE FAJAS DE TRANSMISION DE MOTOR Y FAJA SINCRONIZADORA	0.6
		AJUSTE DE PERNOS DE GUARDA DE SEGURIDAD DE MOTOR Y EJE EXCENTRICO	
		INSPECCION DE PERNOS TENSORES DE MALLAS	
		INSPECCION DE RESORTES DE ZARANDA SIMPLICITY	
		INSPECCION DE CHUTES DE DESCARGA DE ZARANDA	
		INSPECCION Y LUBRICACION DE GRASERAS	
1500 HORAS	TRITURADORA CONICA PEGSON	INSPECCION Y CAMBIO DE GRASERAS DE LUBRICACION	2
		ENGRASE DE CUÑAS DE BOLT	
		INSPECCION DE MANGUERAS HIDRAULICAS DE PISTONES	
		INSPECCION DE CORDONES DE SOLDADURA DE CHUTE DE CHANCADORA	
		INSPECCION DE SOLDADURA DE TUERCA DE MANTTO	
		INSPECCION Y TENCION DE FAJAS DE TRANSMICION	
		INSPECCION DE MOTOR Y BOMBA HIDRAULICA	
		INSPECCION SISTEMA LUBRICACION	
		INSPECCION TRITURADOR PEGSON	
		INSPECCION TABLEROS ELECTRICOS	
	ZARANDA SINPLICITY	INSPECCION Y AJUSTE DE PERNOS A CHANCADORA	1
		INSPECCION DE NIVELES DE ACEITE Y ENGRASE	
		INSPECCION DE MANOMETRO DE SISTEMA DE LUBRICACION	
		INSPECCION Y TENCION DE FAJAS DE TRANSMISION DE MOTOR	
		AJUSTE DE PERNOS DE GUARDA DE SEGURIDAD DE MOTOR Y EJE EXCENTRICO	
		INSPECCION DE PERNOS TENSORES DE MALLAS	
		INSPECCION DE RESORTES DE ZARANDA SIMPLICITY	
		INSPECCION DE CHUTES DE DESCARGA DE ZARANDA	
		INSPECCION Y LUBRICACION DE GRASERAS	
3000 HORAS	TRITURADORA CONICA PEGSON	INSPECCION Y CAMBIO DE GRASERAS DE LUBRICACION	6
		ENGRASE DE CUÑAS DE VOLT	
		INSPECCION DE MANGUERAS HIDRAULICAS DE PISTONES	
		INSPECCION DE CORDONES DE SOLDADURA DE CHUTE DE CHANCADORA	
		INSPECCION DE SOLDADURA DE TUERCA DE MANTTO	
		INSPECCION Y TENCION DE FAJAS DE TRANSMICION	
		INSPECCION DE MOTOR Y BOMBA HIDRAULICA	
		INSPECCION SISTEMA LUBRICACION	
		INSPECCION TRITURADOR PEGSON	
		INSPECCION TABLEROS ELECTRICOS	
		INSPECCION Y AJUSTE DE PERNOS A CHANCADORA	
		INSPECCION DE NIVELES DE ACEITE Y ENGRASE	
	ZARANDA SINPLICITY	INSPECCION DE MANOMETRO DE SISTEMA DE LUBRICACION	2
		CAMBIO DE FILTROS DE ACEITE DEL SISTEMA DE LIBRICACION	
		CAMBIO DE ACEITE DEL SISTEMA DE LUBRICACION	
		AJUSTE DE FAJAS DE TRANSMISION DE MOTOR Y FAJA SINCRONIZADORA	
		AJUSTE DE PERNOS DE GUARDA DE SEGURIDAD DE MOTOR Y EJE EXCENTRICO	
		AJUSTE DE PERNOS TENSORES DE MALLAS	
		INSPECCION DE RESORTES DE ZARANDA SIMPLICITY	
		INSPECCION DE CHUTES DE DESCARGA DE ZARANDA	
		INSPECCION Y LUBRICACION DE GRASERAS	
		CAMBIO DE ACEITE A EJES EXCENTRICOS (OMALA 220 10 GL)	
		LUBRICACION DE RODAMIENTOS DE MOTOR PRINCIPAL	

CHANCADORA CONICA PEGSON**HOROMETRO****485.00****MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

ITEM	DESCRIPCIÓN DE TAREA	RESPONSABLE	ULTIMO MANTTO.	FRECUENCIA	PROXIMO MANTTO.	ALERTA
------	----------------------	-------------	----------------	------------	-----------------	--------

LUBRICACIÓN Y INSPECCIÓN

1	LUBRICACIÓN DE BOWL Y CUÑAS	MECANICO	0	50	50	-435	
2	INSPECCIÓN SOLDEO DE TUERCA EN CABEZA CONICA	OPERADOR DE MAQUINA	0	9	9	-476	
3	REVISIÓN Y EVALUACIÓN DE AJUSTE DE CUÑAS	OPERADOR DE MAQUINA	0	25	25	-460	
4	REVISIÓN, CONTROL DE TEMPERATURA Y NIVELES DE ACEITE	MECANICO	0	25	25	-460	
5	REVISIÓN Y CONTROL DE TEMPERATURA EN RODAMIENTOS	MECANICO	0	2000	2000	1515	1515
6	CAMBIO DE ACEITE UNIDAD DE LUBRICACIÓN	MECANICO - AYUDANTE	0	25	25	-460	
7	EVALUACIÓN REVISIÓN DE ABRAZADERAS Y MANGUERA DE LUBRICACIÓN	MECANICO	0	25	25	-460	
8	CAMBIO DE ACEITE UNIDAD HIDRAULICA DE REGULACIÓN	MECANICO - AYUDANTE	0	2000	2000	1515	1515

ACTIVIDADES ELECTRICAS

9	EVALUACIÓN DE VOLTAJE Y CORRIENTES	ELECTRICISTA	0	50	50	-435	
10	REAJUSTE DE BORNERAS, TERMINALES Y REVISIÓN DE CABLES EN MOTOR ELECTRICO	ELECTRICISTA	0	50	50	-435	
11	MEDICIÓN DE AISLAMIENTO EN MOTORES ELÉCTRICOS	ELECTRICISTA - AYUDANTE	0	1000	1000	515	515
12	LIMPIEZA SOLVENTE DIELECTRICO Y BARNIZADO DE ESTATOR DE MOTORES	ELECTRICISTA - AYUDANTE	0	1500	1500	1015	1015
13	CAMBIO DE RODAMIENTOS MOTORES ELÉCTRICOS	ELECTRICISTA - AYUDANTE	0	1500	1500	1015	1015
14	EVALUACIÓN Y REVISIÓN DE CABLEADO EN GENERAL	ELECTRICISTA - AYUDANTE	0	500	500	15	15
15	REAJUSTES DE BORNERAS DE CONTACTORES Y CONEXIONADO EN TABLERO	ELECTRICISTA - AYUDANTE	0	500	500	15	15

ACTIVIDADES MECANICAS

15	AJUSTE Y ALINEACIÓN DE PARTES MOVILES Y DE AMORTIGUACIÓN FIJAS	MECANICO - AYUDANTE	0	500	500	15	15
16	REVISIÓN DE ACOPLEROS Y SISTEMAS DE TRANSMICIÓN	MECANICO - AYUDANTE	0	500	500	15	15
17	AJUSTE DE FAJAS DE TRANSMICIÓN MOTOR ELECTRICO Y CHANCAHORA	MECANICO - ELECTRICISTA	0	500	500	15	15
18	CAMBIO DE FILTROS DE ACEITES	MECANICO - AYUDANTE	0	1000	1000	515	515
19	CAMBIO DE FAJAS DE TRANSMICIÓN	MECANICO - AYUDANTE	0	3000	3000	2515	2515

MANTENIMIENTO PREDICTIVO

ITEM	DESCRIPCIÓN DE TAREA		ULTIMO MANTTO.	FRECUENCIA	PROXIMO MANTTO.	
------	----------------------	--	----------------	------------	-----------------	--

1	CHARLAS DE CAPACITACIÓN POR ESPECIALISTA	JEFE Y SUPERVISOR DE MITO.	0	250	250	-235	
2	ANALISIS VIBRACIONAL RODAMIENTOS DE CHANCADORA	MECANICO CAPACITADO	0	250	250	-235	
3	ALINEAMIENTO LASER POLEAS MOTOR CHANCADORA	MECANICO CAPACITADO	0	250	250	-235	
4	ANALISIS TERMOGRAFICO RODAMIENTOS, TABLEROS ELÉCTRICOS	MECANICO CAPACITADO	0	250	250	-235	
5	ANALISIS DE ACEITE UNIDAD LUBRICACIÓN Y REGULACIÓN	MECANICO CAPACITADO	0	250	250	-235	
6	ANALIZADOR DE REDES ELECTRICAS	ELECTRICISTA	0	250	250	-235	

4.6. Determinar los nuevos indicadores y el aumento de la producción y productividad de la planta considerando el nuevo plan de mantenimiento implementado.

4.6.1. Nuevos Indicadores: Según lo obtenido en el NPR, procedemos a proyectar la solución de fallas indeseables: Se resolverán el 17.86% de todas las fallas existentes en la chancadora Pegson, existiendo aún el 83.13% de fallas entre reducción a deseables y aceptables; asimismo se resolverá el 25% de todas las fallas existentes en la zaranda vibratoria Simplicity, existiendo aún el 75% de fallas entre reducción a deseables y aceptables.

En tal sentido, procedemos a determinar los nuevos indicadores en situación de mejora, proyectando sobre el MTTR los porcentajes reducibles:


CHANCADORA CONICA PEGSON	MESES 2020, 2021	DIAS	HORAS	NUMERO DE FALLAS	HORAS X PARADAS IMPREVISTAS	HORAS X PARADAS PROGRAMADAS	TASA DE FALLA	MTTR	MTBF	CONFIAB.	DISPONI.
	Septiembre	30	720	2	10.38	0	0.28%	5.190	354.810	93.46%	98.56%
	Octubre	31	744	2	74.55	0	0.30%	37.275	334.725	93.08%	89.98%
	Noviembre	30	720	2	13	0	0.28%	6.500	353.500	93.44%	98.19%
	Diciembre	31	744	5	189.6	0	0.90%	37.920	110.880	80.54%	74.52%
	Enero	31	744	1	70	0	0.15%	70.000	674.000	96.50%	90.59%
	Febrero	28	672	1	7	0	0.15%	7.000	665.000	96.46%	98.96%
	Marzo	31	744	1	2.5	0	0.13%	2.500	741.500	96.82%	99.66%
	TOTAL	212	5088	14	367.03	0					
							INDICADORES 7 MESES DE ESTUDIO				
							0.30%	4.682	358.746	93.13%	92.79%
NUEVOS INDICADORES											

Tabla: 017, Indicadores Chancadora Pegson

Fuente: Elaboración propia, 2021

Comentario: Para obtener el resultado $MTTR = 26.216 * 0.1786 = 4.682$ horas/año; $MTBF = (26.216 - 4.68) + 337.212 = 358.746$. Luego se calcularon los indicadores de confiabilidad y disponibilidad, con las formulaciones correspondientes.


ZARANDA VIBRATORIA SIMPLICITY	MESES 2020, 2021	DIAS	HORAS	NUMERO DE FALLAS	HORAS X PARADAS IMPREVISTAS	HORAS X PARADAS PROGRAMADAS	TASA DE FALLA	MTTR	MTBF	CONFIAB.	DISPONI.	
	Septiembre	30	720	5	19.6	0	0.71%	3.920	140.080	84.25%	97.28%	
	Octubre	31	744	9	32.76	0	1.27%	3.640	79.027	73.81%	95.60%	
	Noviembre	30	720	7	31.6	0	1.02%	4.514	98.343	78.35%	95.61%	
	Diciembre	31	744	9	21	0	1.24%	2.333	80.333	74.17%	97.18%	
	Enero	31	744	5	12.9	0	0.68%	2.580	146.220	84.86%	98.27%	
	Febrero	28	672	3	5.9	0	0.45%	1.967	222.033	89.75%	99.12%	
	Marzo	31	744	4	216.49	0	0.76%	54.123	131.878	83.36%	70.90%	
								INDICADORES 7 MESES DE ESTUDIO				
	TOTAL	212	5088	42	340.25	0		0.88%	8.101	113.042	80.87%	93.31%
								NUEVOS INDICADORES				
								2.025	119.045	81.74%	98.33%	

Tabla: 018, Indicadores para zaranda vibratoria SImplicity

Fuente: Elaboración propia, 2021

Comentario: Para obtener el resultado $MTTR = 8.101 * 0.25 = 2.025$ horas/año; $MTBF = (8.101 - 2.025) + 113.042 = 119.045$. Luego se calcularon los indicadores de confiabilidad y disponibilidad, con las formulaciones correspondientes.

4.6.2. Aumento de producción y productividad.

Aumento de la producción: por medio del mantenimiento preventivo y las reparaciones correctivas efectuadas, se observa una mejora en la operación de los equipos teniendo como resultado que se puede producir la misma cantidad con una reducción de tiempo. En tabla a continuación se presenta la producción inicial por mes, las horas de producción por 02 turnos de 9.00 h. c/u y las horas por paradas imprevistas, por algún evento ocurrido en el proceso productivo.

	Septiembre 2020	Octubre 2020	Noviembre 2020	Diciembre 2020	Enero 2021	Febrero 2021	Marzo 2021	TOTAL
Producción Real (tn)	10,172.30	9,175.04	7,639.56	5,995.52	10,122.24	9,282.56	5,800.80	58,188.02
Horas laborales (h)	513.00	522.00	468.00	486.00	522.00	486.00	522.00	3,519.00
Horas de parada (h)	178.39	214.49	229.62	288.50	174.80	147.65	235.52	1,468.97
Promedio (tn/h)	30.400	29.836	32.047	30.357	29.154	27.434	20.248	28.384

Tabla: 019, Producción promedio por hora - estado inicial

Fuente: Elaboración propia, 2021

- De acuerdo al análisis se obtiene que la producción en los 7 meses del estudio alcanzo una cantidad de producción por hora de:

$$\text{Producción Promedio} = \frac{\sum \text{Meses de Producción}}{(\text{Hora Laborales} - \text{Horas de Parada})}$$

$$\text{Producción Promedio X hora } 7 \text{ MESES} = \frac{58,188.02}{(3519 - 1468.97)} \frac{\text{Toneladas}}{\text{Hora}}$$

$$\text{Producción Promedio X hora } 7 \text{ MESES} = 28.384 \frac{\text{Toneladas}}{\text{Hora}}$$

A través de la reducción del MTTR por medio de las intervenciones de mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo se consigue reducir el tiempo medio de reparación en un 17.86 % para la chancadora Pegson obteniendo un aumento del tiempo de producción de:

$$26.216 \times 0.1786 = 4.682 \text{ horas.}$$

Y de acuerdo a la evaluación de las fallas en los 7 meses de investigación se tiene una cantidad de 14 fallas con un promedio de 2 fallas x por mes, obteniendo un tiempo acumulado de:

$$2 \times 4.682 = 9.364 \text{ horas en el mes}$$

La misma operación efectuamos al MTTR de la Zaranda Simplicity consiguiendo reducir el tiempo medio de reparación en un 25% brindándonos un incremento del tiempo de producción de:

$$8.101 \times 0.25 = 2.025 \text{ horas.}$$

Y en el periodo de los 7 meses de estudio con una cantidad de 42 fallas tenemos un promedio de 6 fallas al mes, consiguiendo un tiempo acumulado de:

$$6 \times 2.025 = 12.15 \text{ horas.}$$

Con estas horas determinadas y un promedio de producción de 28.384 tn/h se obtiene un aumento de producción mensual de:

$$\text{Producción}_{\text{aumentada}} = (9.364 + 12.15) \times 28.384 = 610.653 \text{ tn.}$$

Aumento de la productividad: para determinar este aumento se evalúa cuanto

fue la productividad inicial, y luego determinamos la productividad actual para verificar la mejora.

	Septiembre 2020	Octubre 2020	Noviembre 2020	Diciembre 2020	Enero 2021	Febrero 2021	Marzo 2021	TOTAL
Producción Real (tn)	10,172.30	9,175.04	7,639.56	5,995.52	10,122.24	9,282.56	5,800.80	58,188.02
Producción sin paradas (tn)	15,595.44	15,574.68	14,998.38	14,753.53	15,218.34	13,333.31	10,569.73	100,043.42
Horas laborales (h)	513.00	522.00	468.00	486.00	522.00	486.00	522.00	3,519.00
Horas por parada no programadas (h)	178.39	214.49	229.62	288.50	174.80	147.65	235.52	1,468.97

Tabla: 020, Valores iniciales para determinar Productividad
Fuente: Elaboración propia, 2021

$$Productividad_{7\text{ MESES}} = \frac{Producción\ Real}{Producción\ Proyectada} * \frac{Tiempo\ Real}{Tiempo\ disponible} * 100$$

$$Productividad_{7\text{ MESES}} = \frac{58,188.02}{100,043.42} * \frac{(3,519.00 - 1,468.97)}{3,519.00} * 100 = 33.87\%$$

Mediante el aumento de la producción y la implementación del plan de mantenimiento se establece el incremento de la productividad haciéndose más notorio en los meses de mayo y junio sin embargo en abril no se nota el cambio porque fue el mes que se inició la implementación del plan.

	Abril - 2021	Mayo - 2021	Junio - 2021	TOTAL
Producción Real (tn)	4,984.40	7,293.20	7,194.40	19,472.00
Producción Sin Paradas	7,948.10	9,611.19	10,476.06	28,035.35
Horas laborales (h)	525.00	540.00	504.00	1,569.00
Horas reales trabajadas (h)	240.00	299.00	280.00	819.00
Horas por paradas programada (h)	230.00	200.00	172.00	602.00
Horas por paradas no programadas (h)	55.00	41.00	52.00	148.00
Promedio (tn/h)	26.9427	28.2682	31.5544	29.0194

Tabla: 021, Valores actuales para determinar la nueva productividad
Fuente: Elaboración propia, 2021

A continuación, se determina la productividad de la planta de chancado indicando el estado inicial comparado con el actual, fecha donde el plan de mantenimiento esta implementado en un 75 %.

$$Productividad_{ACTUAL} = \frac{19,472}{28,035.35} * \frac{(819.00 - 148.00)}{(1,569.00 - 602.00)} * 100 = 48.19 \%$$

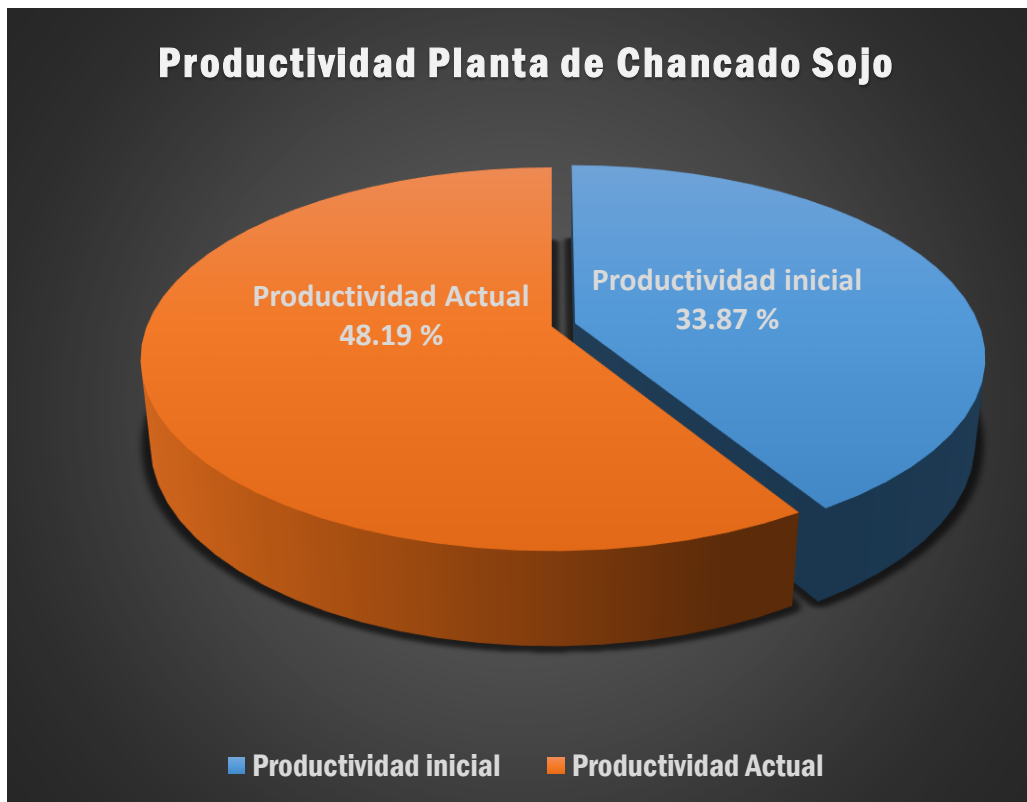


Figura : 27 , Grafica de la Productividad Actual vs. La Inicial
Fuente: Elaboración propia, 2021

El crecimiento de la productividad es de 33.87 % a 48.19% con la proyección de que mejore mes a mes hasta ser implementado el plan de mantenimiento en un 100% , y se mantenga el control y seguimiento continuo.

4.7. Evaluación económica del plan implementado.

4.7.1. Costos de Producción: a continuación, se detalla el análisis de costos unitarios para determinar el costo de hora de producción.

COSTOS DE PRODUCCIÓN

Descripción	Cantidad	U. de Medida	Costo unitario	Inversión Total
AREA ADMINISTRATIVA				S/. 15,000.00
Gerente	1.00	Colaboradores	7,000.00	S/. 7,000.00
Jefe de Planta	1.00	Colaboradores	5,000.00	S/. 5,000.00
Asistente de Producción	1.00	Colaboradores	3,000.00	S/. 3,000.00
AREA OPERACIONES				S/17,600.00
Supervisión de producción turno A, B	2.00	Colaboradores	2,200.00	S/. 4,400.00
Operador de planta de chancado	2.00	Colaboradores	1,800.00	S/. 3,600.00
Ayudante de planta de chancado	2.00	Colaboradores	1,200.00	S/. 2,400.00
Operador de cargador frontal	2.00	Colaboradores	1,800.00	S/. 3,600.00
Operador de excavadora	2.00	Colaboradores	1,800.00	S/. 3,600.00
AREA DE MANTENIMIENTO				S/. 14,600.00
Técnico Mecánico	1.00	Colaboradores	1,800.00	S/.1,800.00
Técnico Electricista	1.00	Colaboradores	1,800.00	S/.1,800.00
Técnico Soldador	1.00	Colaboradores	1,800.00	S/.1,800.00
Ayudante Mecánico	1.00	Colaboradores	1,200.00	S/.1,200.00
NUEVOS PUESTOS				
Jefe de Mantenimiento	1.00		5,000.00	S/. 5,000.00
Supervisor de Mantenimiento	1.00		3,000.00	S/. 3,000.00
TRANSPORTES				S/. 19,630.00
Movilidad - Camioneta Área Administrativa	2.00	Maquina	2,340.00	S/. 4,680.00
Movilidad - Camioneta Área Operaciones	1.00	Maquina	1,950.00	S/. 1,950.00
Camión Grúa - Operaciones	1.00	Maquina	3,250.00	S/. 3,250.00
Cargador Frontal	1.00	Maquina	4,225.00	S/. 4,225.00
Retroexcavadora	1.00	Maquina	5,525.00	S/. 5,525.00
MAQUINARIA DE PLANTA				S/. 17,700.00
Alquiler General	1.00	Mensual	17,700.00	S/. 17,700.00
ENERGIA ELÉCTRICA				S/. 15,894.00
Fluido Eléctrico Tarifa - MT3		Mensual		S/. 15,894.00
AGUA POTABLE				S/. 58,079.28
Agua Potable		Mensual		S/. 2,720.00
COMBUSTIBLE				S/. 58,079.28
Cargador Frontal (16 horas Operación X 4 Gln. X 30)	1,920.00	Maquina	14.00	S/. 26,880.00
Excavadora (12 horas Operación X 5 Gln. X 30)	1,800.00	Maquina	14.00	S/. 25,200.00
Camioneta Administración (200 Km diarios / 35*galón)	5.71	Maquina	14.00	S/. 2,399.88

Camioneta Operaciones (300 Km diarios/ 35*galón)	8.57	Maquina	14.00	S/. 3,599.40
--	------	---------	-------	--------------

COSTOS VARIABLES, Consumibles, Almacén				S/. 26,477.50
---	--	--	--	----------------------

Aceite hidráulico	110.00	Gln,	90.00	S/. 9,900.00
Grasa EPS	50.00	Kg.	12.50	S/. 625.00
Soldadura 7018, 6011, Weld Mang, Citoduur	120.00	Kg.	22.00	S/. 2,640.00
Oxigeno Industrial	60.00	m3	30.00	S/. 1,800.00
Pegamentos de fajas	5.00	Unidades	185.00	S/. 925.00
Pernos	200.00	Pzas.	1.50	S/. 300.00
Planchas de acero Estructural 3/8", 1/4", 3/16",	6.00	Pzas.	950.00	S/. 5,700.00
Fajas de transmisión	25.00	Pzas.	35.00	S/. 875.00
Contactores, Sensores y conductores	3,500.00	Global	1.00	S/. 3,500.00
Discos de desbastes	25.00	Pzas.	8.50	S/. 212.50

COSTO DE INVERSION MENSUAL PLANTA CHANCADO				S/. 243,060.06
---	--	--	--	-----------------------

Costo Diario de Producción por 27 Dias Laborables				S/. 9,002.22
--	--	--	--	---------------------

Costo Hora de Producción por 19 horas Diarias				S/. 473.80
--	--	--	--	-------------------

4.7.2. Beneficio económico por reducción de horas perdidas.

Beneficio debido a la reducción de horas perdidas

Maquina	MTTR actual (Hrs./Año)	MTTR Mejorado (Hrs./Año)	Ahorro en Hrs. Perdidas (Hrs./mes)	Costos de Operación (S/.Hr)	Ahorro (S/. Mes)
Chancadora Cónica Pegson	26.21	4.947	21.27	473.80	10,075.36
Zaranda Vibratoria Simplicity	8.10	0.820	7.28	473.80	3,449.74
Total	34.31	5.767	28.55	473.80	S/13,525.09

Tabla: 022, Beneficio debido a la reducción de horas perdidas
Fuente: Elaboración propia.

Se determinó que el beneficio económico y el ahorro por disminución de fallas:

$$Beneficio_{Ahorro} = \frac{13,525.095}{Mes} \approx \frac{162,301.14}{Año}$$

4.7.3. Costo por implementación del mantenimiento predictivo.

COSTOS POR IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO

ACCIÓN	CANTIDAD	U. MEDIDA	FRECUENCIA	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Análisis de aceite	24.00	VECES	AÑO	202.500	4,860.00
Análisis vibracional a los rodamientos	24.00	VECES	AÑO	136.600	3,278.40
Análisis termográfico	24.00	VECES	AÑO	117.000	2,808.00
Trabajos de Alineamiento	24.00	VECES	AÑO	117.000	2,808.00
TOTAL					S/13,754.40
Servicio Efectuado a Chancadora Cónica y Zaranda Vibratoria				S/13,754.40	2.00
					S/27,508.80

Tabla: 023, Costos de mantenimiento predictivo en la maquinaria
Fuente: Elaboración propia, 2021

4.7.4. Costos por implementación del mantenimiento preventivo

COSTOS POR IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

ACCIÓN	CANTIDAD	U. de Medida	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Motor Eléctrico Chancadora				
Mantenimiento de estator	1.00	Servicio	468.000	468.00
Cambio de rodamientos	2.00	Servicio	234.000	468.00
Mantenimiento caja de conexiones	1.00	Servicio	97.500	97.50
Linealidad de ejes	1.00	Servicio	195.000	195.00
Limpieza mecánica	1.00	Servicio	117.00	117.00
ACCIÓN	CANTIDAD	U. de Medida	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Transmisión de potencia / Mantenimiento reductor				
Cambio de aceite DTE extra Heavy	4.00	Gln.	75.00	300.00
Cambio retenes reductor	2.00	Pzas.	65.00	130.00
Cambio de rodamientos	2.00	Pzas.	110.00	220.00
Rectificado de eje	1.00	Global	150.00	150.00
ACCIÓN	CANTIDAD	U. de Medida	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Sistema Hidráulico / Mantenimiento pistones y mantenimiento unidad hidráulica				
Cambio de retenes de pistones hidráulicos	6.00	Kit.	275.00	1,650.00
Mantenimiento válvulas solenoides	6.00	Kit	250.00	1,500.00
Cambio mangueras hidráulicas	2.00	Pzas.	304.00	608.00
Elementos de control manómetros	1.00	Pzas.	117.00	117.00
ACCIÓN	CANTIDAD	U. de Medida	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Mantenimiento Zaranda Simplicity				

Cambio de bocinas eje excéntrico	2.00	Pzas.	256.00	512.00
Retenes de excéntricas	2.00	Pzas.	478.00	956.00
Instalación de respiraderos	2.00	Pzas.	95.00	190.00
Cambio de aceite Mobil gear 629	3.00	Gln.	105.00	315.00
TOTAL				S/7,993.50

Tabla: 024, Costos por implementación de mantenimiento preventivo

Fuente: Elaboración propia, 2021

4.7.5. Beneficio útil:

Beneficios Útil	
Ahorro en horas perdidas	162,301.14
Costos Predictivos	-27,508.80
Costos Preventivos	-7,993.50
Beneficio Útil	S/. 126,798.84

Tabla: 025, Resumen costos de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

4.7.6. Inversión en tecnología para la implementación del RCM basado en el AMEF.

IMPLEMENTACIÓN DEL RCM BASADO EN EL A.M.E. F.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	U. de Medida	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
COMPRA ACTIVOS FIJOS				
Vibro - metro PCE - VD - 4	1.00	Equipo	33,150.000	33,150.00
Cámara Termográfica PCE- TC32	1.00	Equipo	22,620.000	22,620.00
Analizador de aceite PODS	1.00	Equipo	97,500.000	97,500.00
Alineamiento Laser	1.00	Equipo	7,800.000	7,800.00
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	U. de Medida	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
CAPACITACIÓN OPERARIOS				
Capacitación Personal	1.00	Global	1,950.00	1,950.00
TOTAL				S/163,020.00

Tabla: 026, Inversión en activos fijos.
Fuente: Elaboración propia, 2021

4.7.7. Retorno operacional de la inversión (R.O.I.)

$$\text{R.O.I.} = \frac{\text{INVERSION INICIAL}}{\text{BENEFICIO UTIL}}$$

RETORNO OPERACIONALDE LA INVERSIÓN		AÑOS	MESES
R.O.I.	163,020.000	1.29	15.43
	126,798.838		

V.- DISCUSIONES

Teniendo en cuenta el desarrollo de la investigación, se puede apreciar que ha quedado demostrado el mejoramiento del sistema. Mediante el empleo de estrategias propias de mantenimiento, se ha conseguido establecer indicadores antes y después de la mejora; asimismo, se han determinado las principales fallas denominadas críticas, se ha aplicado el AMEF para la obtención de planes de mantenimiento y se ha presentado la metodología del NPR para determinar la prioridad de riesgos, así como presentado un programa establecido para las reparaciones preventivas de las 2 unidades básicas de la empresa.

A continuación, en forma de debate, se contrastan los resultados de esta investigación con referentes estudios de mantenimiento considerados en los antecedentes y afines del tema desarrollado:

5.1. Recopilación de información para evaluar condiciones iniciales.

El resultado del análisis de las condiciones iniciales de los indicadores de mantenimiento y producción determinan que la producción real conseguida

comparada con la producción proyectada tiene un déficit de 41,855.40 que se deja de producir debido a que se tiene demasiadas horas perdidas por mantenimiento correctivo en los equipos de planta, igualmente el autor (Zavaleta Medina, 2018) en su investigación coincide con lo efectuado en el trabajo de tesis presentado, pues en ambos casos se parte de la evaluación de indicadores iniciales con la diferencia que el analiza solo el equipo chancador, mientras que la evaluación efectuada en la tesis se realizó a todos los equipos de la planta de trituración.

5.2. Efectuar análisis de criticidad a equipos de planta.

De acuerdo al resultado para determinar el grado de criticidad de los equipos de planta se hace uso de una matriz de evaluación en base a criterios para identificar los riesgos, y de esta esta evaluación se indicaría el grado de criticidad de las maquinarias definiendo como criticas 03 de ellas con valores de 92 para la chancadora Pegson, 108 para la zaranda Simplicity y 48 para el cargador frontal y en contraste con el autor (Zavaleta Medina, 2018) quien implemento un mantenimiento preventivo para el chancador Fuller Traylor, determinando la criticidad de sus sub sistemas en base al análisis de matriz de criticidad por riesgo aplicando una herramienta similar a la usada en la tesis, y adicional a esto se apoya en diagrama de Pareto debido a que su evaluación es para determinar repuestos críticos mientras que el análisis efectuado en la tesis es para identificar equipos críticos.

5.3. Aplicar la mejor metodología de mantenimiento a implementar.

Mediante este resultado se consigue el uso de la mejor metodología para el diagnóstico de fallas siendo estas las hojas AMEF y el numero NPR usadas en la gran mayoría de las implementaciones de mantenimientos debido a la forma amigable del análisis, al llenado en base a la experiencia del personal responsable del mantenimiento y a la facilidad para la toma de decisiones a la hora de elaborar el plan de tareas y actividades a efectuar posteriormente. Es conocido que existen una variedad de metodologías y software para llevar el control del mantenimiento.

Zavaleta Medina, (2018) hace uso de metodologías similares consiguiendo implementar un mantenimiento que garantice incrementar la disponibilidad de un chancador Fuller Traylor TCB 42"x 66". Sin embargo, existen diferencias en cuanto

a la consideración de autonomía de 1.5 horas de operación, por efecto de paralizaciones, pues respecto a la presente investigación los tiempos de parada deben ser mínimos porque la solicitud de material es constante.

Para contrastar con la investigación de (Casachagua, 2017), quien elaboró un plan de mantenimiento preventivo cuasiexperimental donde se ha aplicado herramientas del RCM, se determinó un incremento en disponibilidad del 81% al 90% (9% de mejora); en la presente tesis se ha demostrado rangos aún mayores para este indicador, pues el incremento es del 93.01% al 99.10% y de 94.11% a 99.48%, respectivamente para la chancador y zaranda vibratoria (6.00% aprox. en mejora). Esta acción en el presente estudio ha sido posible gracias a la aplicación de la metodología combinada del AMEF y NPR utilizada para determinar y corregir los efectos de fallas, no sólo en elementos críticos de la maquinaria; sino en sistemas completos tales como los de lubricación, refrigeración, transmisión de potencia.

5.4. Efectuar cronogramas de tareas de mantenimiento.

En este resultado se determinó las tareas a ejecutar en la implementación del mantenimiento con la ejecución de acciones correctivas para dar inicio a un mantenimiento predictivo y un posterior preventivo considerando el análisis de hojas AMEF mediante las evaluaciones causa efecto consiguiendo la reducción de las fallas potenciales. Este mismo procedimiento lo efectúa el autor en su (Casachagua, 2017), quien elaboró un plan de mantenimiento preventivo cuasiexperimental donde se ha aplicado herramientas del RCM, se determinó un incremento en disponibilidad del 81% al 90% (9% de mejora); en la presente tesis se ha demostrado rangos aún mayores para este indicador, pues el incremento es del 93.01% al 99.10% y de 94.11% a 99.48%, respectivamente para la chancador y zaranda vibratoria (6.00% aprox. en mejora). Esta acción en el presente estudio ha sido posible gracias a la aplicación de la metodología combinada del AMEF y NPR y las posteriores determinaciones de las tareas de mantenimiento para determinar y corregir los efectos de fallas, no sólo en elementos críticos de la maquinaria; sino en sistemas completos tales como los de lubricación, refrigeración, transmisión de potencia.

5.5. Determinar el aumento de la producción en base a la implementación del plan de mantenimiento

En el presente resultado se ha tomado en cuenta la evaluación inicial y la posterior al plan, utilizando indicadores de mantenimiento se ha logrado determinar el incremento de la productividad la que inicialmente estuvo en 33.87% y posterior a la ejecución de correctivos, preventivos y predictivos alcanzó un aumento llegando a 48.19 % de igual manera con los indicadores de confiabilidad y disponibilidad de los equipos en rangos del 94.40% a 95.70% y de 85.62% a 85.82%, respectivamente para la chancadora; y de 93.01% a 99.10% y de 94.11% a 99.48%, respectivamente para la zaranda vibratoria y respecto al antecedente del autor (Chacón León, 2020), el cual presenta la implementación de un plan de mantenimiento preventivo para el incremento de la productividad de la planta de chancado secundario, el cual considera que la puesta en marcha del plan de mantenimiento tiene influencia en la productividad de los equipos y su evaluación, iniciando con el cálculo de indicadores de mantenimiento y productividad demostrando que gracias a la a implementación del Plan de mantenimiento esta se incrementa.

5.6. Evaluación económica del plan implementado

Finalmente, en este resultado de la presente investigación en la cual se han estudiado máquinas de mayor envergadura, los resultados son más relevantes y significativos, pues la disponibilidad arroja una mejora en 5.73% en promedio y una confiabilidad cercana al 99%, considerado como top en este indicador. Adicionalmente, los parámetros económicos son mucho más sensibles y tenemos un R.O.I. de 1.29 años = 16 meses, pero con un beneficio de 126,798.24 S/. /año, con mucho mayor representatividad.

Efectuando una contrastación con la investigación del autor (Linares, 2014) en la que tipifica un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para motores de una flota de camiones Scania y en la cual se llega a determinar mejoras en sus indicadores: disponibilidad y confiabilidad, aumentando en 10%; que representa un PRI de 87 días de acuerdo a su inversión inicial de 20, 300 US\$ y beneficio de

5.7. Contrastes complementarios a la investigación.

Teniendo en cuenta a la investigación de los autores (Solis Quisiyupanqui, y otros, 2010), que presentan una propuesta sobre un prototipo de seleccionador automático de materiales y colores, el cual se convertiría en un proceso de automatización industrial que reemplazaría a un trabajo efectuado de forma manual, se considera como loable y adaptable como complemento para la presente investigación, pues el sistema automático de selección del tamaño de piedra y contaminación del material sería de gran importancia para las operaciones de la chancadora permitirá entregar un producto uniforme de tamaño, pues este ayudaría a incrementar la producción de la zaranda respectivamente. Consecuentemente, al igual que el antecedente permitirá reducir la mano de obra directa y el riesgo de accidentes, mediante análisis técnico económica se podrá vislumbrar la conveniencia de reducir horas hombre y aumentar horas máquina.

VI.- CONCLUSIONES

Se determino que los indicadores de mantenimiento tienen una disponibilidad mínima de 74.52% y 70.90%; una confiabilidad mínima de 80.54% y 73.81%, para la chancadora y zaranda vibratoria, respectivamente.

Se elaboro el análisis de criticidad y se determinó que las fallas preponderantes son 20, identificadas para cada unidad, considerando 3 equipos con calificación de demasiado críticos, 6 como poco críticos y 11 como no críticos.

Se determino mediante el AMEF que las fallas críticas determinadas a través del NPR, pudiendo deducir que en la chancadora Pegson 5 fallas son indeseables (17.86%), 8 fallas son reducibles a deseables (28.57%) y 15 fallas son aceptables (53.57%). Similarmente, podemos deducir que en la zaranda Simplicity 6 fallas son indeseables (25.00%), 7 fallas son reducibles a deseables (29.20%) y 11 fallas son aceptables (45.80%).

Se Elaboro el plan de mantenimiento, y el estudio del AMEF Y NPR de las 2 máquinas más relevantes determinando que las máquinas chancadoras y zaranda tienen una disponibilidad de 98.71% y 98.33%, resultados dependientes del MTBF de 358.746, 119.045 y MTTR de 4.682, 2.025; para las 2 máquinas.

Se determinó el aumento de la producción en una suma de 610.653 toneladas mensuales y un crecimiento de la productividad de 33.87 % a 48.19%.

Se concluye que se requiere una inversión de S/. 163,020.00, para obtener un beneficio útil de 126,798.84, con un período de retorno de inversión de 1.29 años, lo cual se considera positivo para la empresa.

VII.- RECOMENDACIONES

Los operadores y personal técnico de la empresa, involucrados en el funcionamiento de la maquinaria, deberán ser instruidos, capacitados y concientizados en la mejora que se realiza de acuerdo a la implementación del plan de mantenimiento, para así poder identificar continuamente los puntos críticos de esta maquinaria y establecer posibles planes de mejora continua.

Se recomienda efectuar por lo menos en forma anual, todas las actividades que comprendan la realización de un AMEF, haciendo énfasis en los equipos críticos de las máquinas estudiadas, además de cumplir estrictamente con lo establecido en las hojas de decisiones del AMEF, frecuentemente.

Se pone énfasis en recomendar la realización del seguimiento continuo e inspecciones inopinadas, utilizando las herramientas de mantenimiento predictivo solicitadas en la presente investigación; de esta manera se logrará mejorar el desempeño de las tareas de mantenimiento y la obtención de resultados positivos, respecto a la disminución de tiempos perdidos por mantenimiento y reflejados en mejores estándares de costos e inversiones.

También cabe recomendar el uso de esta implementación de mantenimiento basado en el análisis de criticidad y el uso del NPR para la determinación de fallas debido a que es una herramienta aplicada directamente al estudio e investigación de los sub- sistemas, elementos y repuestos; determinando con ello las causa que pueden ocasionar paradas imprevistas ya que en el análisis se determina una gran cantidad de fallas ocultas no programadas en los mantenimientos y este ayuda a poder efectuar un mantenimiento preventivo y predictivo diseñado a la necesidad de los equipos de planta. Adicional a esto se puede decir que es de fácil aplicación para otros equipos de plantas de trituración.

REFERENCIAS

Andrade Jara, Patricio Alvaro y Peralta Saca, Julio Fernando. 2015. *Diseño e implementación de una mini planta industrial para llenado de solidos mediante la tecnica de numero de vueltas a ser instalado en el laboratorio de automatización industrial.* Guayaquil, Ecuador : s.n., 2015.

Aquilino Rodriguez , Penin. 2012. *Sistema Scada.* Tercera. Barcelona-España : MARCOMBO, 2012. 978-84-267-1781-8.

Berrosteguieta, Jaime. 2020. *Teoria y Tecnologia de los Trasnsformadores de Medida.* 2020.

BOLTON, WILLIAM. 2013. *Mecatrónica, Sistemas de control electrónico en la ingenieríamecánica y eléctrica.* MEXICO : Alfaomega Grupo Editor, S.A., 2013. Vol. Quinta edición . 978-607-707-603-2.

Casachagua. 2017. 2017.

Chacón León, Henry Alex. 2020. *Plan de Mantenimiento preventivo para incrementar la productividad de los equipos de chancado secundario en una empresa minera.* Universidad Peruana de los Andes, Huancayo - Peru : 2020.

Ciencia y Tegnologia. **Pereira, Universidad Tegnologica de. 2010.** 2010. 0122-1701.

Confiabilidad y Manteabilidad. **Primitivo Reyes , Aguilar. 2008.** Mexico : s.n., 2008.

DINO SRL. 2000. Pacasmayo : s.n., 2000.

Doebelin, Ernes. 2005. *Sistema de Medición e Instrumentación.* Mexico : Mc Graw Hill, 2005.

Editorial Control. ed, **Victor. 2019.** Argentina : s.n., 2019.

Garcia Vega , Julio Roberto y Ayala Huarca , Jose Lucio. 2013. *Diseño de un sistema automatizado para la mejora en la etapa de filtrado de sólidos de agua*

sanguaza en la corporación pesquera Copeinca S.A.C.- planta Chimbote.
Chimbote : s.n., 2013.

Hernandez Sampieri, Roberto, Fernandez Collado, Carlos y Baptista Lucio, Maria del Pilar. 2010. *Metodología de la Investigación.* Mexico : Mc Graw hill, 2010.
978-607-15-0291-9.

Linares. 2014. 2014.

Lozada, Jose. 2014. *Investigación Aplicada.* 2014. 1390-9592.

Martinez Garcia, Fernando Manuel. 2015. *Gestión Integrada del Mantenimiento y la Energía para la Prevención de Fallos en Equipos de Plantas de Proceso.* Murcia, España : s.n., 2015.

Mayhua Lopez, Efrain, Ludeña Choez, Jimmy Diestin y Tamayo Bedregal, Jorge Antonio. 2016. Arequipa Peru : s.n., 2016.

Mesa Grajales , Dairo, Ortiz Sánchez , Yesid y Pinzon, Manuel. 2006. *Scientia et Technica año XII.* Colombia : s.n., 2006. 0122-1701.

Nieva Mendoza, Gustavo Adolfo y Rodriguez Ortiz, Walter Paul. 2017. *Diseño de un sistema automatizado para el Reproceso de galletas en las líneas de producción N° 2 y N° 3, en la galletera DEL NORTE S.A- Trujillo, La Libertad.* Trujillo : s.n., 2017.

Olarte C., Willian, Botero A., Marcela y Cañon A., Benhur. 2010. *IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL DENTRO DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN.* Colombia : Scientia et Technica Año XVI, 2010. 0122- 1701.

Pallás Areny, Ramon. 2006. *Instrumentos Electronicos basicos.* España : Marcombo S.A., 2006. 84-267-1390-4.

Parra Marquez, Carlos Alberto y Crespo Marquez, Adolfo. 2012. *Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos .* Sevilla, España : INGEMAN, 2012. 978-8495499-67-7.

Pastrana, Raymundo. 1995. *Manual de Consulta para equipos Columbia.* Vancouver, USA : s.n., 1995.

Pere, Ponza y Toni, Granollers. 2009. *Diseño y automatización Industrial.* Cataluña - España : s.n., 2009.

Robayo, Faiber Ignacio, Silva, Dayana Melisa y Mosquera, David Julian. 2015. Sistema de control automatizado en planta de cargue de agua potable para camiones cisterna. Neiba, Republica Dominicana : s.n., 2015. 1657-6985.

Serna Ruiz, Antonio, Ros Garcia, Fransisco Antonio y Rico Noguera, Juan Carlos. 2010. *Guia Practica de Sensores.* España : Creaciones Copyright, S.L., 2010. 978-84-92779-49-9.

Silva Diaz, Leiter Javier. 2017. *Revistas Ciencias Tecnicas Agropecuarias.* San Jose de Lajas , Mayabeque, Cuba : Versión On-line, 2017. Vol. 26. 2071-0054.

Solis Quisiyupanqui, Limdembert Hernan y Carpena del Pozo, Maria Julia. 2010. *Prototipo de un selector automatico materiales y colores.* Lima, Peru : s.n., 2010.

Tegnologia en Marcha. **Esteban, Perez Lopez. 2015.** 4, COSTA RICA : s.n., 2015, Vol. 28.

Zavaleta Medina, Cristóbal Andrés. 2018. *Plan de mantenimiento basado en RCM para el chancador fuller, operación Manto Verde.* Universidad Tecnica Federico Santa Maria, Valparaiso - Chile : 2018.

ANEXOS

ANEXO 1.- MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Escala de Medición
Variable Independiente	Conjunto de tareas programadas y aplicadas a instalaciones industriales, con el objetivo de prolongar la vida útil de los activos, e incrementar los indicadores de mantenimiento evitando de esta forma paradas imprevistas, consiguiendo aumentar su producción (Mesa Grajales , y otros, 2006).	A través de este sistema el personal de mantenimiento y producción podrá analizar el estado de repuestos y equipos críticos, verificar posibles fallas, visualizar los próximos mantenimientos de acuerdo a la frecuencia programada.		Nominal
plan de mantenimiento				
Variable Dependiente	Capacidad de producir e incrementar la producción considerando siempre la misma cantidad de recurso	Proceso productivo por el cual se genera un material final en base a la utilización de los equipos de la planta de trituración.	Productividad = $\frac{\text{Tiempo Real}}{\text{Tiempo Disponible}} * \frac{\text{Producción real}}{\text{Producción proyectada}}$	Razón
Productividad				

Tabla: 027, Operacionalización de Variables

Fuente: Elaboración propia, 2021

ANEXO 2.- INSTRUMENTOS DE VALIDACIÓN – JUICIO DEL EXPERTO

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO

ITEM	CRITERIOS DE EVALUACIÓN						Observaciones (Si debe eliminarse o modificarse una tabla por favor indique)
	Pertinencia		Relevancia		Cantidad		
	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
1	X		X		X		
2	X		X		X		
3	X		X		X		
Aspectos Generales					SI	NO	
Los instrumentos contienen instrucciones claras y precisas para el correcto llenado de parámetros					X		
Los ítems permiten lograr la obtención de data importante para la investigación					X		
Los ítems son suficientes para la recolección de información. En caso sea la respuesta negativa sugiera añadir ítems					X		
VALIDEZ							
APLICABLE				X	NO APLICABLE		
APLICA ATENDIENDO ALAS OBSERVACIONES							

1. Corresponde al concepto teórico formulado de las variables y/o dimensiones.
2. Los ítems están apropiados para representar los indicadores y variables.
3. No se encuentra ninguna dificultad para el llenado de los cuadros siendo conciso, exacto y directo.

DATOS GENERALES DEL EXPERTO

Apellidos y Nombres: CASTILLO BAZÁN, ROQUE ENRIQUE

Profesión: INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

Especialidad: MECÁNICA ELÉCTRICA


 Roque Enrique Castillo Bazán
 ING. MECANICO ELECTRICISTA
 R. C.I.P. N° 189636

Firma del Experto

C.I.P: 189636

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO

ITEM	CRITERIOS DE EVALUACIÓN						Observaciones (Si debe eliminarse o modificarse una tabla por favor indique)
	Pertinencia		Relevancia		Cantidad		
	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
1	X		X		X		
2	X		X		X		
3	X		X		X		
Aspectos Generales					SI	NO	
Los instrumentos contienen instrucciones claras y precisas para el correcto llenado de parámetros					X		
Los ítems permiten lograr la obtención de data importante para la investigación					X		
Los ítems son suficientes para la recolección de información. En caso sea la respuesta negativa sugiera añadir ítems					X		
VALIDEZ							
APLICABLE				X	NO APLICABLE		
APLICA ATENDIENDO ALAS OBSERVACIONES							

1. Corresponde al concepto teórico formulado de las variables y/o dimensiones.
2. Los ítems están apropiados para representar los indicadores y variables.
3. No se encuentra ninguna dificultad para el llenado de los cuadros siendo conciso, exacto y directo.

DATOS GENERALES DEL EXPERTO

Apellidos y Nombres: FARRO CABANILLAS, TITO NARCISO

Profesión: INGENIERO MECANICO

Especialidad: MECANICO



Firma del Experto

C.I.P: 166227

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO

ITEM	CRITERIOS DE EVALUACIÓN						Observaciones (Si debe eliminarse o modificarse una tabla por favor indique)
	Pertinencia		Relevancia		Cantidad		
	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
1	X		X		X		
2	X		X		X		
3	X		X		X		
Aspectos Generales					SI	NO	
Los instrumentos contienen instrucciones claras y precisas para el correcto llenado de parámetros					X		
Los ítems permiten lograr la obtención de data importante para la investigación					X		
Los ítems son suficientes para la recolección de información. En caso sea la respuesta negativa sugiera añadir ítems					X		
VALIDEZ							
APLICABLE				X	NO APLICABLE		
APLICA ATENDIENDO ALAS OBSERVACIONES							

1. Corresponde al concepto teórico formulado de las variables y/o dimensiones.
2. Los ítems están apropiados para representar los indicadores y variables.
3. No se encuentra ninguna dificultad para el llenado de los cuadros siendo conciso, exacto y directo.

DATOS GENERALES DEL EXPERTO

Apellidos y Nombres:

Ríos Burgos, Ricardo Raúl

Profesión:

Ingeniero

Especialidad:

Mecánica Eléctrica


 Firma del Experto **Ricardo R. Ríos Burgos**
 MECANICO ELECTRICISTA
 R. CIP. 101245

C.I.P.:

ANEXO 3.- MATRIZ DE INFORMACIÓN DE CHECK LIST (Reporte de Mantenimiento)

TABLAS DE CHECK LIST DIARIO DE SEPTIEMBRE 2020 A MARZO 2021

DIA	FECHA	TURNO	HORAS PERDIDAS	FALLA
Martes	01/09/20	A	0	
		B	0	
Miércoles	02/09/20	A	1.17	Reparación de guardas Zaranda FACSOL 1
		B	2.50	Rotura de manguera hidráulica de Cargador Frontal
Jueves	03/09/20	A	4.08	Rotura de manguera hidráulica de Cargador Frontal y parada de motor eléctrico de la Pegson
		B	5.67	Rotura de faja transportadora Pegson - Simplicity
Viernes	04/09/20	A	10.00	Rotura de faja Pegson - Simplicity
		B	9.00	Rotura de faja Pegson - Simplicity
Sábado	05/09/20	A	10.00	Rotura de faja Pegson - Simplicity
		B	0.00	
Domingo	06/09/20	A	2.00	Rotura de faja Zaranda Facsol II, Rotura de chumacera de faja Huso 67
		B	9.00	Operador de cargador frontal no trabajo, puso enfermo
Lunes	07/09/20	A		
		B	6.30	Cuchilla de tablero de la Pegson en mal estado (salta)
Martes	08/09/20	A	9.00	Reparación de falla eléctrica, generada por cruce eléctrico del pull-cord de faja de arena chancada y del push-botton de chancadora trío
		B	0.00	
Miércoles	09/09/20	A	1.04	Se colocó guarda en zaranda simplicity, cruce eléctrico de parada de emergencia
		A	2.00	Falla eléctrica del Cargador Frontal y rotura de faja B-58 en Facsol I
Jueves	10/09/20	B	3.25	Falla eléctrica del cargador frontal
		A		
Viernes	11/09/20	B	1.00	Faja de alimentación de tolva dejó de funcionar
		A		
Sábado	12/09/20	B	1.30	Se colocó manta en malla de 3/16 en Simplicity, reparación de chute de Facsol I (desgastado)
		A	1.10	Cambio de faja B-58 en Facsol I y falla de oring de cargador frontal
Domingo	13/09/20	B	0	
		A	0	
Lunes	14/09/20	B	6.07	Cargador frontal ocupado en despacho y presencia de restos vegetales en producto final
		A	9.00	Falta de hormigón en stock
Martes	15/09/20	B	2.10	Cambio de manguera hidráulica de cargador frontal
		A	2.11	Limpieza de Simplicity, debido a que malla ciega presentaba agujero y la arena chancada empezó a poner en peligro el polín de cola
Miércoles	16/09/20	B	1.45	Se soldó agujeros de malla ciega
		A	2.15	Venteo de material producido por presencia de restos orgánicos (palos)
Jueves	17/09/20	A	3.20	Se colocó perno espárrago en chancadora trío y cargador frontal ocupado en despacho
		B	0.45	Rotura de chute de faja de retorno en z. simplicity, poniendo en peligro polín de cola
Viernes	18/09/20	A	4.00	Se paralizó producción por presencia de arcilla en piedra procesada
		B	6.00	Se procedió apilar almacén de hormigón (visita de Dino)
Sábado	19/09/20	A	2.20	Remoción de malla de Facsol II y puenteo eléctrico para repaso de piedra 67
		B	6.00	Se agotó piedra para reprocesar

Domingo	20/09/20	A	9.00	Cambio de mallas de zaranda simplicity
		B	2.00	Chancadora trío colapso por estancamiento de piedra grande, adicional a esto se procedió al cambio de faja B-58 de facsol 1
Lunes	21/09/20	A		
		B	5.00	Se agotó piedra Huso 67 para reprocesar
Martes	22/09/20	A	6.05	Cambio de mallas en el 3er nivel de simplicity
		B		
Miércoles	23/09/20	A	1.55	Cambio de polín en faja Huso 67 y rotura de malla ciega de simplicity
		B		
Jueves	24/09/20	A	2.00	Se soldó orificio en chute de piedra de retorno, se soldó chute de piedra huso 67
		B	2.20	Se volvió a soldar chute de piedra de retorno (chute debe ser cambiado)
Viernes	25/09/20	A	6.20	Neumático de cargador frontal inoperativo y ajuste de templadores en simplicity
		B		
Sábado	26/09/20	A	9.00	Falso contacto en motor de la zaranda simplicity
		B		
Domingo	27/09/20	A	0	
		B	0	
Lunes	28/09/20	A	6.00	Cargador frontal inoperativo por cambio de filtro de transmisión, se soldó chute de faja de piedra huso 89 y cambio de malla de simplicity
		B		
Martes	29/09/20	A	1.10	Se soldó chute de faja de retorno y cambio de fajas de motor de simplicity
		B		
Miércoles	30/09/20	A	5.15	Cargador frontal inoperativo se requiere cambio de cardán
		B	0.00	
TOTAL, DE HORAS PARADAS			178.39	

PARADAS IMPREVISTAS OCTUBRE 2020

DIA	FECHA	TURNO	HORAS PERDIDAS	FALLA
Jueves	01/10/20	A		
		B		
Viernes	02/10/20	A	2.30	Cargador frontal en despacho procesando P. Huso 57
		B	2.30	Se agotó Hormigón
Sábado	03/10/20	A	9.00	No se contaba con stock de hormigón (excavadora con falla mecánica)
		B	1.25	Por corte de suministro eléctrico
Domingo	04/10/20	A		
		B		
Lunes	05/10/20	A	1.25	Acción correctiva de chute de ch. pegson (desgaste) y reemplazo de neumático de cargador frontal
		B	4.25	Elevada presencia de arcilla en producto terminado
Martes	06/10/20	A	9.00	Busca de nuevo lugar de extracción
		B	7.00	Cargador frontal sufre pérdida de neumático
Miércoles	07/10/20	A	4.50	Neumático de cargador frontal se encontraba en mal estado
		B		

Jueves	08/10/20	A	1.00	Problemas eléctricos en tablero de simplicity
		B	0.52	Alto porcentaje de arcilla en producto terminado
Viernes	09/10/20	A		
		A	5.35	Malla de simplicity en mal estado (p huso89), se procedió a parcharla y se presentó un olor a quemado en motor de zaranda simplicity
Sábado	10/10/20	B	1.35	Presencia de restos orgánicos de origen vegetal en producto terminal huso 67
		A	1.00	Parchar malla de p. huso 67 (en simplicity)
Domingo	11/10/20	B		
		A		
Lunes	12/10/20	B	0.50	Se parchó malla auto - limpiante de facsol 1 y se activó casualmente parada de emergencia
		A	1.00	Faja transportadora de arena natural se encontró friccionando con guardas, peligro de que se rompa
Martes	13/10/20	B	2.35	Poleas de motor de simplicity se encontraban desniveladas, generando que zaranda no responda
		A		
Miércoles	14/10/20	B	0.10	Se parchó malla de 3/4" de huso 67
		A		
Jueves	15/10/20	B	9.00	Mantenimiento de toda la planta
		A	9.00	Sin stock de hormigón
Viernes	16/10/20	B	9.00	Se paralizó por medición de porcentajes de impacto ambiental
		A	9.00	Se paralizó por medición de porcentajes de impacto ambiental
Sábado	17/10/20	A	3.00	Cargador frontal se le cambiaron Neumáticos delanteros
		B		
Domingo	18/10/20	A	2.51	Cargador frontal sufre desperfecto, se soltó pin del cucharón y chancadora pegson sufre la rotura del termo backing
		B	9.00	Rotura del termo backing de chancadora pegson
Lunes	19/10/20	A	9.00	Rotura del termo backing de chancadora pegson
		B	9.00	Rotura del termo backing de chancadora pegson
Martes	20/10/20	A	9.00	Rotura del termo backing de chancadora pegson
		B	9.00	Rotura del termo backing de chancadora pegson
Miércoles	21/10/20	A	9.00	Rotura del termo backing de chancadora pegson
		B	9.00	Rotura del termo backing de chancadora pegson
Jueves	22/10/20	A	9.00	Rotura del termo backing de chancadora pegson
		B	1.30	Cambio de módulo del cargador frontal
Viernes	23/10/20	A	0.20	Cambio de polín de faja transportadora de Pegson
		B		
Sábado	24/10/20	A	0.45	Alineamiento de motor de zaranda simplicity
		B	2.50	Cambio de malla de facsol1 y reparación de malla de piedra huso 67
Domingo	25/10/20	A	0.40	Se activo parada de emergencia por presencia de material metálico
		B		
Lunes	26/10/20	A	8.30	Reparación de malla de facsol 2, cambio de faja de polea de motor de arena zarandeada
		B	1.15	Reparación de malla de 3/4" en el primer nivel de simplicity
Martes	27/10/20	A	2.36	Cambio de malla de simplicity

		B		
Miércoles	28/10/20	A	9.00	Falla del Cargador Frontal, problemas con el encendido, rotura de manguera hidráulica, además se cambiaron malla del primer nivel de simplicity
		B	9.00	Falla del Cargador Frontal, problemas con el encendido, rotura de manguera hidráulica
Jueves	29/10/20	A	8.50	Cambio de manguera de cargador frontal y cambio de malla ciega
		B		
Viernes	30/10/20	A	1.00	Se colocó mata golpe en simplicity y se cambió de faja de motor de facsol 1
		B		
Sábado	31/10/20	A	2.50	Se soldó chute que sale de simplicity hacia la faja de piedra 57 y se centró la faja de piedra 57 (se encontraba friccionando con chute)
		B	0.30	Se finalizó turno por falta de hormigón
TOTAL, DE HORAS PARADAS			214.49	

PARADAS IMPREVISTAS NOVIEMBRE 2020

DIA	FECHA	TURNOS	HORAS PERDIDAS	FALLA
Domingo	01/11/20	A		
		B		
Lunes	02/11/20	A	6.50	Falla eléctrica y pérdida de aceite hidráulico del pistón de levante en el cargador frontal
		B		
Martes	03/11/20	A	5.50	Se parchó malla de 3/4, debido a presencia de piedra de otra dimensión en cono de Huso 67 y cargador frontal presentó pérdida de potencia
		B		
Miércoles	04/11/20	A	2.40	Soldadura de chute de tolva de hormigón, almuerzo de personal y cargador presenta falla mecánica
		B	1.00	Cargador frontal presenta pérdida de potencia
Jueves	05/11/20	A	9.00	Falla de cargador frontal y falta de hormigón
		B	1.50	Se realizó scanner a cargador frontal, para detectar la falla
Viernes	06/11/20	A	0.54	Cargador Frontal se encontraba siendo evaluado por mecánico
		B	0.48	Activación fortuita del pull-cord de la faja de arena chancada (debajo de la z. simplicity) y parchado de malla huso 89
Sábado	07/11/20	A	6.50	Se parchó malla ciega, se soldó chute de retorno y rotura de chaveta que conecta el eje con el reductor
		B	4.50	Falla eléctrica de chancadora (no funciona paradas de emergencia y detector de metales)
Domingo	08/11/20	A		
		B		

Lunes	09/11/20	A	5.00	Faja de huso 67 se encontraba descentrada, generando desgaste de la misma, problema mecánico con motor de la faja del huso 67 y cargador frontal con problemas mecánicos.
		A	1.50	Cargador Frontal con problemas mecánicos
Martes	10/11/20	B	8.50	Problema eléctrico en chancadora y problema mecánico en cargador frontal
		A		
Miércoles	11/11/20	B	5.00	Cargador Frontal fuera de servicio, por problema mecánico
		A	9.00	Cargador Frontal fuera de servicio, por problema mecánico
Jueves	12/11/20	B	5.00	Reparación de Cargador Frontal
		A	2.20	Se parchó malla de huso 89 y se cambió rodaje de chumacera de polín de cola de faja transportadora de arena natural rota
Viernes	13/11/20	B	2.50	Falta de hormigón y se corrigió problema con faja de arena natural que se encontraba descentrada
		A	9.00	Falta de hormigón
Sábado	14/11/20	B	8.00	Falta de hormigón y excavadora con problemas mecánicos
		A	2.20	Corte de energía eléctrica en la zona
Domingo	15/11/20	B		
		A		
Lunes	16/11/20	B		
		A		
Martes	17/11/20	A	7.00	Cargador frontal en reparación, espera de ensayos de malla 200 por falta de cocina industrial.
		B	4.00	Cargador frontal averiado. Se realizó ensayos de producto terminado obtenido un 1.38%, tomando acciones correctivas como aislar el material para su reproceso.
Miércoles	18/11/20	A	10.00	Se repasó piedra HUSO 67
		B	9.00	Se repasó piedra HUSO 67
Jueves	19/11/20	A	10.00	Se repasó piedra HUSO 67
		B	9.00	Se repasó piedra HUSO 67
Viernes	20/11/20	A	10.00	Sin repaso piedra HUSO 67, debido a que faja de pegson-simplicity sufrió reparación
		B	9.00	Estructura de faja 67 descentrada y además chute desoldado
Sábado	21/11/20	A	10.00	Se repasó piedra HUSO 67
		B	9.00	Se repasó piedra HUSO 67
Domingo	22/11/20	A	10.00	Se repasó piedra HUSO 67
		B	9.00	Se repasó piedra HUSO 67
Lunes	23/11/20	A	10.00	Traslado de material huso 67 y cambio de bomba Hidráulica Unidad I (volquete)
		B	2.40	Traslado de material huso 67 y fajas de motor de simplicity se salieron de su lugar
Martes	24/11/20	A	2.50	Cargador ocupado en carguío de despacho y fajas de motor de simplicity se volvieron a salir
		B	2.50	Mallas ciegas se rompieron durante el proceso de chancado
Miércoles	25/11/20	A	10.00	Reparación de las 2 mallas ciegas
		B	0.40	Ajustes de pernos de Facsol 1, se salieron las mallas

Jueves	26/11/20	A		
		B		
Viernes	27/11/20	A		
		B		
Sábado	28/11/20	A		
		B		
Domingo	29/11/20	A		
		B		
Lunes	30/11/20	A		
		B		
TOTAL, DE HORAS PARADAS			229.62	

PARADAS IMPREVISTAS DICIEMBRE 2020

DIA	FECHA	TURNO	HORAS PERDIDAS	FALLA
Martes	01/12/20	A	3.00	Malla Ciega sufrió rotura, se tuvo que cambiar
		B	1.00	Cargador Frontal se encontraba siendo reparado
Miércoles	02/12/20	A	3.00	Parada por falla eléctrica en parada de emergencia de Pegson
		B	1.20	Parada por rotura de pernos de abrazaderas de malla ciega
Jueves	03/12/20	A	3.00	Parada por rotura de abrazaderas que ajustan malla ciega y cambio de manguera de cargador frontal
		B	4.40	Parada por falla mecánica del reductor de la faja de arena chancada
Viernes	04/12/20	A	2.60	Falla del reductor de faja de arena zarandeada y rotura de chumacera de faja transportadora de arena natural
		B	1.00	Reparación de faja de alimentación
Sábado	05/12/20	A	1.30	Por falla de parada de emergencia y por reparar malla de simplicity
		B	2.30	Para reparar malla de simplicity y por remoción de arena de la faja de arena natural
Domingo	06/12/20	A		
		B		
Lunes	07/12/20	A	9.00	Sin producción por motivo de rotura de faja de alimentación y por cambio de reductor de la faja de arena zarandeada
		B	8.30	Sin producción por motivo de precipitación de lluvia
Martes	08/12/20	A	5.00	Condiciones climáticas desfavorables para el inicio de actividades y falla eléctrica de paradas de emergencia
		B	0.40	Se parchó malla de piedra h 67 y falla eléctrica de parada de emergencia
Miércoles	09/12/20	A		
		A	7.30	Chancadora presentó falla en volt y se suspendió la producción
Jueves	10/12/20	B		
		A	2.30	Falla eléctrica en parada de emergencia

Viernes	11/12/20	B		
		A	8.00	Falla en el hidráulico de la chancadora pegson
Sábado	12/12/20	B	7.00	Falla en el manto de la chancadora Pegson
		A	9.00	Cambio de manto
Domingo	13/12/20	B	9.00	Cambio de manto
		A	9.00	Cambio de manto
Lunes	14/12/20	B	9.00	Cambio de manto
		A	9.00	Cambio de manto
Martes	15/12/20	B	9.00	Cambio de manto
		A	9.00	Cambio de manto
Miércoles	16/12/20	B	9.00	Cambio de manto
		A	9.00	Cambio de manto
Jueves	17/12/20	A	9.00	Cambio de manto
		B	9.00	Cambio de manto
Viernes	18/12/20	A	9.00	Cambio de manto
		B	9.00	Cambio de manto
Sábado	19/12/20	A	9.00	Cambio de manto
		B	9.00	Cambio de manto
Domingo	20/12/20	A	9.00	Cambio de manto
		B	9.00	Cambio de manto
Lunes	21/12/20	A	9.00	Se cambio faja de alimentación
		B	1.20	Faja de alimentación descentrada
Martes	22/12/20	A	3.00	Parada por motivo de mallas ciegas y almuerzo del personal
		B		
Miércoles	23/12/20	A	5.00	Almuerzo del personal y por soldar mallas ciegas
		B	9.00	Personal viajó por Navidad
Jueves	24/12/20	A		
		B		
Viernes	25/12/20	A		
		B		
Sábado	26/12/20	A	2.40	Cambio de manguera del cargador y por ajuste de abrazaderas de zaranda simplicity
		B	1.20	Falla mecánica del cargador frontal
Domingo	27/12/20	A	3.30	Se colocó guarda a faja de arena natural y se ajustó faja de hormigón
		B	0.30	Polín roto de faja de arena natural
Lunes	28/12/20	A		
		B		
Martes	29/12/20	A	7.00	Cargador Frontal en reparación
		B	9.00	Cargador Frontal en reparación
Miércoles	30/12/20	A	9.00	Cargador frontal en reparación
		B	9.00	Cargador frontal en reparación
Jueves	31/12/20	A	6.00	Cargador frontal en reparación
		B	9.00	FERIADO
TOTAL, DE HORAS PARADAS			306.5	

PARADAS IMPREVISTAS ENERO 2021

DIA	FECHA	TURNO	HORAS PERDIDAS	FALLA
Viernes	01/01/21	A		

		B		
Sábado	02/01/21	A		
		B	1.00	Parada por problemas climatológicos
Domingo	03/01/21	A	9.00	Mantenimiento de cargador frontal
		B		
Lunes	04/01/21	A	1.00	Cambio de malla de facsol 2
		B		
Martes	05/01/21	A	3.00	Faja de arena chancada se descentró y atascamiento de la tolva con estratos
		B	8.00	Cargador frontal sufre recalentamiento
Miércoles	06/01/21	A	9.00	Cargador fuera de servicio por recalentamiento
		B	9.00	Cargador fuera de servicio por recalentamiento
Jueves	07/01/21	A	5.00	Cargador fuera de servicio por recalentamiento
		B		
Viernes	08/01/21	A		
		B	2.20	Precipitación de lluvia y corte de energía eléctrica
Sábado	09/01/21	A	9.00	Falta de energía Eléctrica
		A	9.00	Falta de energía Eléctrica
Domingo	10/01/21	B	2.00	Parada mecánica ajuste de pernos de zaranda simplicity y almuerzo del personal
		A	4.00	Falla del Cargador Frontal, cambio de faja de distribución
Lunes	11/01/21	B	9.00	Cargador Frontal fuera de servicio
		A	1.00	Parada mecánica, por parchado de primer nivel de zaranda simplicity
Martes	12/01/21	B	2.40	Se parchó malla de facsol 1 y primer nivel de simplicity, además falla eléctrica de zaranda simplicity
		A		
Miércoles	13/01/21	B	2.00	Centrado de motor de zaranda simplicity
		A	4.30	Material contaminado con palos y precipitación de lluvia
Jueves	14/01/21	B	5.00	Precipitación de lluvia y falta de hormigón en el almacén
		A	1.00	Producto final se encontraba contaminado por palos
Viernes	15/01/21	B	2.00	Falta de Hormigón
		A		
Sábado	16/01/21	B	9.00	Precipitación de lluvias
		A	7.00	Chancadora sufrió rotura del manto
Domingo	17/01/21	A	9.00	Chancadora fuera de servicio
		B	9.00	Chancadora fuera de servicio
Lunes	18/01/21	A	9.00	Chancadora fuera de servicio
		B	9.00	Chancadora fuera de servicio
Martes	19/01/21	A	9.00	Chancadora fuera de servicio
		B	9.00	Chancadora fuera de servicio
Miércoles	20/01/21	A	9.00	Chancadora fuera de servicio
		B	0.40	Se parchó malla de zaranda simplicity (3/4)
Jueves	21/01/21	A		
		B		
Viernes	22/01/21	A		
		B	1.00	Operador de cargador frontal (Eduardo Reyes) ocupado arreglando la excavadora
Sábado	23/01/21	A		
		B		
Domingo	24/01/21	A		
		B		
Lunes	25/01/21	A		
		B		
Martes	26/01/21	A		
		B		

Miércoles	27/01/21	A		
		B		
Jueves	28/01/21	A		
		B		
Viernes	29/01/21	A	7.50	Se rompieron las fajas del motor de Z. Simplicity, se descentro la faja de la piedra H67 y cargador frontal sufre rotura de manguera
		B		
Sábado	30/01/21	A	7.00	Cambio de oruga de excavadora
		B		
Domingo	31/01/21	A		
		B		
TOTAL, DE HORAS PARADAS			192.8	

PARADAS IMPREVISTAS FEBRERO 2021

DIA	FECHA	TURNO	HORAS PERDIDAS	FALLA
Lunes	01/02/21	A		
		B		
Martes	02/02/21	A		
		B		
Miércoles	03/02/21	A		
		B		
Jueves	04/02/21	A		
		B		
Viernes	05/02/21	A	2.20	Reparación de parrilla de tolva de alimentación (Operador turno noche descuadro la parrilla y guarda de protección se dobló)
		B	3.00	Tolva de hormigón sufrió atoro con estrato de gran tamaño y materia prima se encontraba muy húmeda generando que el material producido salga muy contaminado con barro
Sábado	06/02/21	A	2.20	Problemas con la calidad de la piedra y pegson se saturó de barro con lo cual se tuvo que realizar una limpieza
		B	1.00	Falla eléctrica de faja transportadora de Pegson-Simplicity
Domingo	07/02/21	A		
		B		
Lunes	08/02/21	A	4.30	Falta de energía eléctrica y cambio de polines de faja de transportadora de Pegson-Simplicity
		B		
Martes	09/02/21	A	7.00	Falla eléctrica de chancadora
		B		
Miércoles	10/02/21	A	3.00	Cargador frontal se encontraba siendo reparado
		B		
Jueves	11/02/21	A		
		B		
Viernes	12/02/21	A	1.15	Faja de zaranda facsol 2 a la simplicity, se detuvo por contener demasiado peso
		B		
Sábado	13/02/21	A		
		B		
Domingo	14/02/21	A	1.00	Se paró producción para revisar malla de piedra Huso 67, ya que se estaba pasando piedra de otra dimensión
		B		
Lunes	15/02/21	A		
		B		
Martes	16/02/21	A		
		B		

		A		
Miércoles	17/02/21	A		
		B		
Jueves	18/02/21	A	10.00	Se repasó piedra HUSO 67
		B	9.00	Se repasó piedra HUSO 67
Viernes	19/02/21	A	10.00	Se repasó piedra HUSO 67
		B	9.00	Se repasó piedra HUSO 67
Sábado	20/02/21	A	10.00	Sin repaso piedra HUSO 67, debido a que faja de pegson- simplicity sufrió reparación
		B	9.00	Estructura de faja 67 descentrada y además chute desoldado
Domingo	21/02/21	A	10.00	Se repasó piedra HUSO 67
		B	9.00	Se repasó piedra HUSO 67
Lunes	22/02/21	A	10.00	Se repasó piedra HUSO 67
		B	9.00	Se repasó piedra HUSO 67
Martes	23/02/21	A	10.00	Traslado de material huso 67 y cambio de bomba HUI
		B	2.40	Traslado de material huso 67 y fajas de motor de simplicity se salieron de su lugar
Miércoles	24/02/21	A	2.50	Cargador ocupado en carguío de despacho y fajas de motor de simplicity se volvieron a salir
		B	2.50	Mallas ciegas se rompieron durante el proceso de chancado
Jueves	25/02/21	A	10.00	Reparación de las 2 mallas ciegas
		B	0.40	Ajustes de pernos de Facsol 1, se salieron las mallas
Viernes	26/02/21	A		
		B		
Sábado	27/02/21	A		
		B		
Domingo	28/02/21	A		
		B		
TOTAL, DE HORAS PARADAS			147.65	

PARADAS IMPREVISTAS MARZO 2021

DIA	FECHA	TURNO	HORAS PERDIDAS	FALLA
Lunes	01/03/21	A	9.30	No hubo producción por cambio de reten en la Zaranda Simplicity
		B	9.30	No hubo producción por cambio de reten en la Zaranda Simplicity
Martes	02/03/21	A	7.83	falla en Zaranda Simplicity, rodaje en mal estado y derramamiento de aceite
		B	9.30	falla en Zaranda Simplicity, rodaje en mal estado y derramamiento de aceite
Miércoles	03/03/21	A	9.30	No hubo producción por falla de rodaje en Zaranda Simplicity
		B	9.30	Reparación de Zaranda Simplicity
Jueves	04/03/21	A	9.30	No hubo producción por falla de rodaje en Zaranda Simplicity
		B	9.30	Reparación de Zaranda Simplicity
Viernes	05/03/21	A	8.08	Falla en Zaranda Simplicity, recalentamiento del eje y rodajes
		B	8.08	No hubo producción por cambio de rodajes de Zaranda simplicity
Sábado	06/03/21	A	8.40	falla en vibrador de tolva de hormigón
		B	9.30	No hubo producción por falla en zaranda Simplicity
Domingo	07/03/21	A	9.30	Falla mecánica, rodajes y ejes de Zaranda simplicity en mal estado

		B	9.30	Falla mecánica, rodajes y ejes de Zaranda simplicity en mal estado
Lunes	08/03/21	A	9.30	falla mecánica, reparación de eje y cambio de rodajes de Zaranda simplicity
		B	9.30	falla mecánica, reparación de eje y cambio de rodajes de Zaranda simplicity
Martes	09/03/21	A	9.30	falla mecánica, rectificación del eje y cambio de rodajes de Zaranda simplicity
		A	9.30	falla mecánica, rectificación del eje y cambio de rodajes de Zaranda simplicity
Miércoles	10/03/21	B	9.30	falla mecánica, no hubo producción por reparación de eje y cambio de rodajes en zaranda Simplicity
		A	9.30	falla mecánica, no hubo producción por reparación de eje y cambio de rodajes en zaranda Simplicity
Jueves	11/03/21	B	9.30	falla mecánica, no hubo producción por reparación en Zaranda Simplicity del eje y cambio de rodajes
		A	9.30	falla mecánica, no hubo producción por reparación en Zaranda Simplicity del eje y cambio de rodajes
Viernes	12/03/21	B	9.30	falla mecánica, reparación de eje y cambio de rodajes en Zaranda Simplicity
		A	9.30	falla mecánica, reparación de eje y cambio de rodajes en Zaranda Simplicity
Sábado	13/03/21	B	6.50	falla mecánica, reparación de zaranda simplicity
		A	1.22	falla mecánica, por salida de polín guía en faja de alimentación de hormigón y chute con huecos de faja de facsol a chancadora pegson
Domingo	14/03/21	B	2.53	Se soldó parirla de tolva y se cambió polín en faja transportadora de hormigón
		A	0.41	Falla eléctrica, cable de conexión de vibrador de tolva de alimentación suelto
Lunes	15/03/21	B	0.22	cargador frontal ocupado en despacho
		A	6.00	por motivo de lluvia se inició tarde la producción, de igual se detuvo fuera de la hora de termino la producción por falla en la chancadora pegson
Martes	16/03/21	B	0.00	
		A	0.25	Caída de material por guarda de facsol 2 suelta
Miércoles	17/03/21	A		
		B		
Jueves	18/03/21	A		
		B		
Viernes	19/03/21	A		
		B		
Sábado	20/03/21	A		
		B		
Domingo	21/03/21	A		
		B		
Lunes	22/03/21	A		
		B		
Martes	23/03/21	A		
		B		
Miércoles	24/03/21	A		
		B		
Jueves	25/03/21	A		
		B		

Viernes	26/03/21	A		
		B		
Sábado	27/03/21	A		
		B		
Domingo	28/03/21	A		
		B		
Lunes	29/03/21	A		
		B		
Martes	30/03/21	A		
		B		
Miércoles	31/03/21	A		
		B		
TOTAL, DE HORAS PARADAS			235.52	

ANEXO 4.- CARACTERÍSTICAS DE EQUIPOS CRÍTICOS Y ALTERNATIVAS:

A.- CHANCADORA CONICA PEGSÓN

Función: Triturar piedra procedente de chancadora primaria y zaranda facsol 2.

Características técnicas:

Marca	Pegson
Modelo	Autocone 900
Año de Fabricación	1998
Transmisión	Fajas
Capacidad	3.5 ft ³
Motor Eléctrico	
Marca	Siemens
Voltaje	Trifásica 440 v
Amperaje	
Potencia	117 Kw.
Frecuencia	60 Hz
rpm	1125



Dicha maquinaria cuenta con 03 sistemas principales, como se muestra en figuras, a continuación

Sistema de Lubricación.

Unidad de lubricación ubicada en parte externa cuenta con un flujo de aceite y dispositivo de control de temperatura y presión de aceite.

LUBRICACIÓN PRINCIPAL

Encargada de Lubricar todo el mecanismo interior de la chancadora por medio de un fluido operando en circuito cerrado impulsado por una electrobomba el lubricante es filtrado en la etapa de salida y retorno cuenta con dispositivos eléctricos de seguridad y también dispone elementos de control, las actividades por parte de mantenimiento son las siguientes:

- Flujómetro de control de pase de aceite, verificar indicador
- Verificación de manera visual las mangueras de lubricación.
- Cambio de filtros de salida y retorno.
- Limpieza de viso de nivel de lubricante.
- Cambio de manómetro de presión.
- Ajuste de abrazaderas y ajuste de tuercas de cañerías.

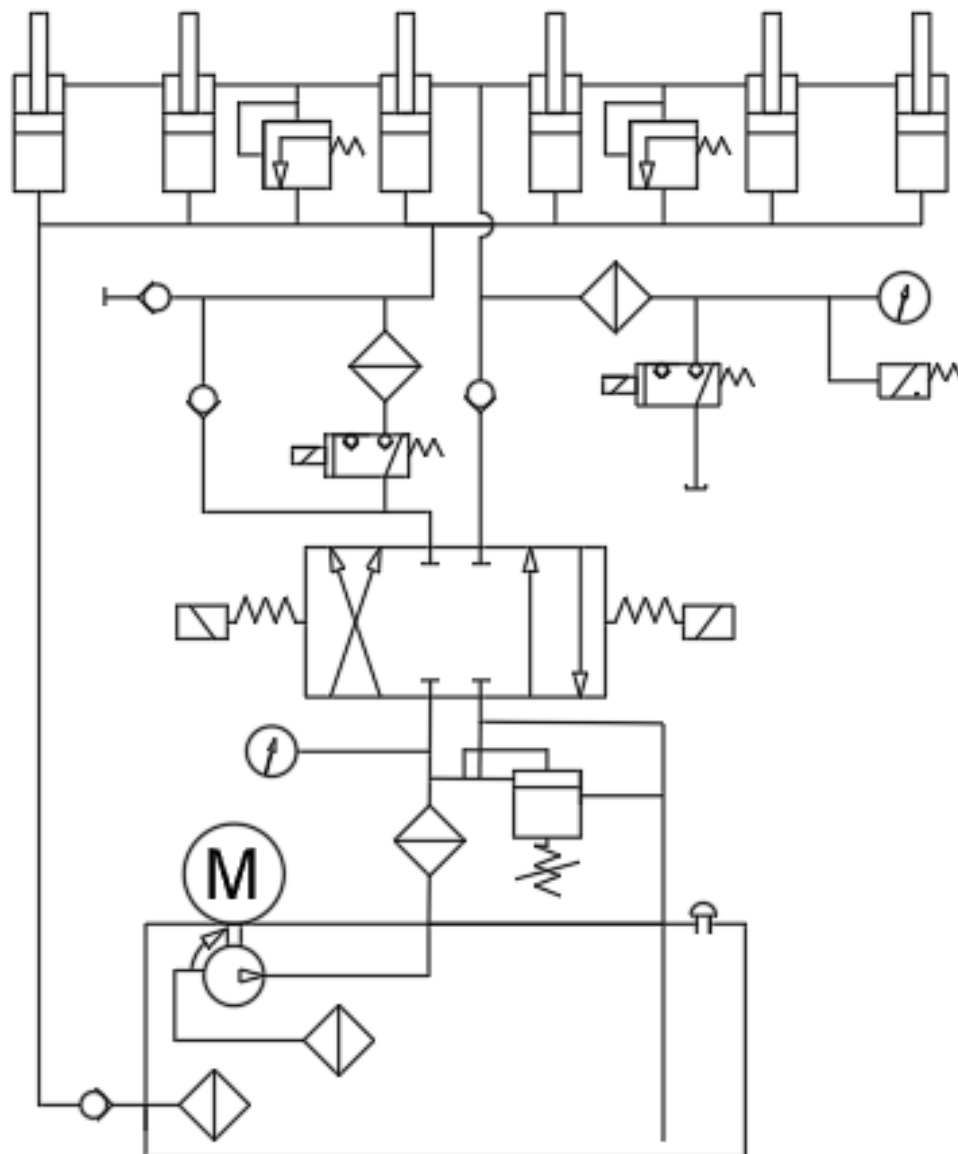


Sistema hidráulico de regulación.

Equipo encargado de regular la calibración de salida del producto terminado (tamaño de piedra chancada), a travez de su diseño electro hidraulico tiene la capacidad de controlar 06 actuadores hidraulicos a travez de solenoides activadas de manera eléctrica, su uso es de forma manual y automatica.



SISTEMA HIDRAULICO DE REGULACIÓN



SISTEMA ELECTRO HIDRÁULICO DE CALIBRACIÓN DE CHANCADORA PEGSON

PISTONES HIDRAULICOS Y CUÑAS DE AJUSTE EN BH



DESPRENDIMIENTO DE TUERCA EN CABEZA CONICA



ACIENTO DE MANTLE – CABEZA CONICA

PRUEBAS DE AJUSTE POSICIÓN 1



PRUEBA DE AJUSTE POSICIÓN 2



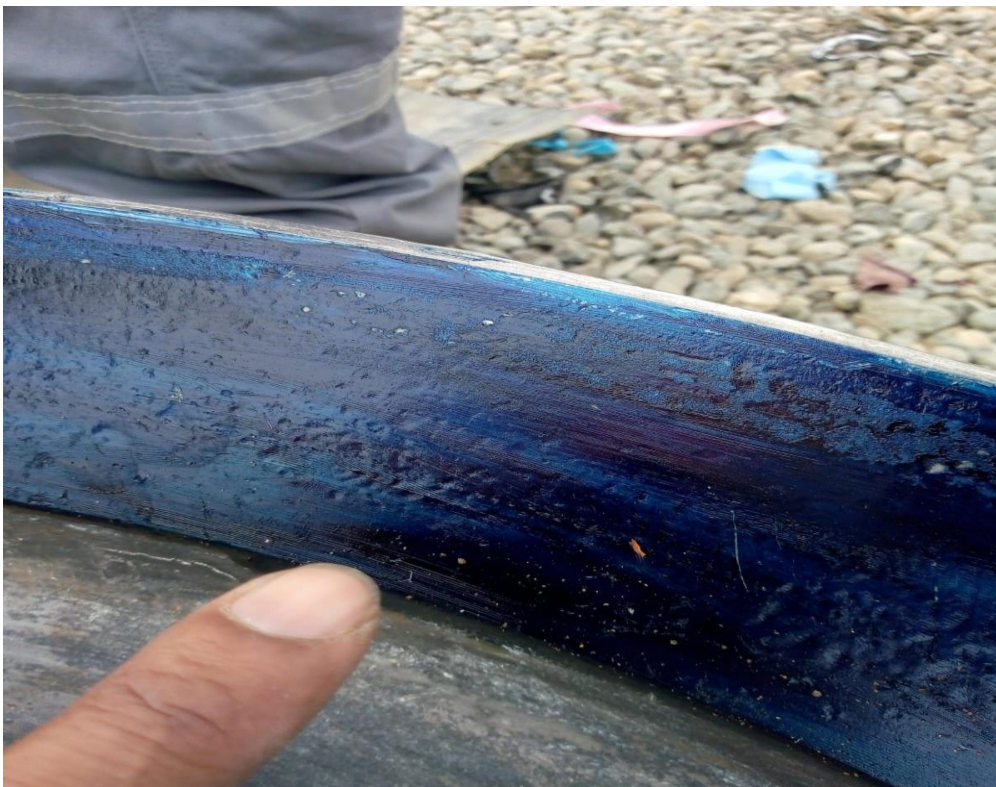
RESULTADO DE LA MARCA DEL ACIENTO DEL MANTLE EN PRUEBA DE AJUSTE POSCISIÓN 1



MARCA DEL ACIENTO PRUEBA DE AJUSTE POSCISIÓN 2



PRUEBA DE AJUSTE DE MANTLE POSCIÓN DE DESNIVEL



INSTALACIÓN DE ANILLO DE ¼" PARA AJUSTE POR DESNIVEL



PROPUESTA ECONÓMICA PARA LA EJECUCIÓN DE CCR A CARGADOR FRONTAL 950 H



TRUJILLO, 15 de
Julio del 2021

0002133706-1

Señor(es): RANTON S.A.C. – RODAL INGENIEROS S.A.C.

Presente
Atención: Sr. (a): Juan Carlos Rodriguez Hernandez
Cargo: Jefe de Mantenimiento

Estimados Señores,

Nos es grato saludarlos y presentarles nuestra propuesta que consideramos satisface los requerimientos específicos de sus necesidades en alineamiento con sus objetivos de negocio:

ROM - CAT CERTIFIED REBUILD (CCR)

Principales características:

- La aplicación de mejoras de producto que hayan sido introducidas por fábrica y no hayan sido ejecutadas en el equipo.
- El Reemplazo obligatorio de partes críticas como sensores, módulos electrónicos, indicadores, cableados, mangueras, etc.
- Equipo con parámetros de funcionamiento de máquina nueva y pintada totalmente.
- Todos los componentes reparados como transmisiones, bombas, etc. son probados y ajustados en Banco de Pruebas.
- Caterpillar certifica este tipo de reparaciones solo UNA VEZ durante la vida de la máquina.
- Las máquinas reparadas bajo este esquema son entregadas como nuevas en apariencia, operatividad y confiabilidad.
- La Garantía Caterpillar es administrada por Ferreyros y es igual que a la otorgada en equipos nuevos (1 Año).
- El plazo de entrega es de 70 días aproximadamente.
- Para que este programa pueda cumplir con lo ofrecido es recomendable lo siguiente:
 - Inspección visual obligatoria.
 - Que el equipo este operativo y no esté siniestrado.
 - Informe de antecedentes del componente.

Condiciones:

Para que este programa pueda cumplir con lo ofrecido es recomendable lo siguiente:

- Inspección visual obligatoria.
- Que el equipo este operativo y no esté siniestrado.
- Informe de antecedentes del equipo.

Cotización:

	USD\$	SOLES S/.
Valor Venta	210,000.00	718,200.00
IGV	37,800	129,276.00
Precio de Venta	247,800.00	847,476.00
Cantidad	1.00	1.00
Precio de Venta Total	247,800.00	847,476.00

Validez de la Oferta: 30 días

Nombre JOSEPH ZAVALETA CHUP

Teléfono (044)252057

e-mail joseph.zavaleta@ferreyros.com.pe

Atentamente,

JOSEPH ZAVALETA CHUP

El precio de venta en soles es referencial y ha sido calculado utilizando el tipo de cambio (1 US\$= 3.42 Nuevos Soles) venta vigente en el Banco de Crédito del Perú en la fecha de la presente cotización. La facturación se realizará en dólares americanos y podrá ser pagada en soles al tipo de cambio venta vigente en el Banco de Crédito el día de su cancelación (Resolución Cambiaria 030-90-EF/90, art 7°).

CONDICIONES ESPECÍFICAS DE LA PROPUESTA COMERCIAL

1. DETALLE DE EQUIPOS Y TARIFAS

1.1. LISTADO DE EQUIPOS

Familia	Modelo	Número de Serie	Ubicación (Departamento)	Horómetro
CARGADOR FRONTAL	950H		PIURA	13,614.00

Cualquier modificación al listado de equipos, deberá efectuarse mediante carta suscrita por uno de los representantes de **LA EMPRESA** mencionados en el **ANEXO 1** ^(*) del contrato marco, y posterior aceptación expresa de **FERREYROS** mediante una carta suscrita por uno de sus representantes mencionados en el **ANEXO 2** ⁽²⁾ del contrato marco.

1.2. CUADRO DE TARIFAS

Familia	Modelo	Número de Serie	USD*
CARGADOR FRONTAL	950H	0SSA00391	210,000.00

*Tarifas mostradas **NO** incluyen IGV.

2. ALCANCE DE LA PROPUESTA COMERCIAL

2.1 CUADRO DE LOS SERVICIOS DE REPARACIÓN

ESQUEMA DE REPARACIÓN: 950H

• MOTOR

Estrategia:	Reparacion
Inclusiones:	<ul style="list-style-type: none"> * Cambio de sellos, empaques, tapones, e metales, válvulas, resortes y demás repues requeridos al 100% (en cualquier reparació repuestos en todos los casos serán nuevos: Caterpillar. * Prueba de funcionamiento, para garantiz motor ha quedado de acuerdo a especifica parámetros de funcionamiento correspondi motor de cero horas. * Reemplazo de partes en desuso del mot continuación, detallamos las principales pa si son reemplazadas y/o reutilizadas: <ul style="list-style-type: none"> - Pernos de biela - Sellos y empaques - Metales y bocinas - Anillos - Termostatos - Tuercas (Nut) y tornillo (Screw) del mec válvulas - Bomba de transferencia - Filtros - Cartucho de turbo - Pernos y espárragos - Inyectores - Culata(s) (Reparación) * Reparación de componentes periféricos. * Recuperación de pulido de cigueñal. * Requisitos: <ul style="list-style-type: none"> - Inspección visual del motor. a. El mo estar completo. b. El motor deberá esta Durante el funcionamiento se verificará: <ul style="list-style-type: none"> - La emisión de gases no deberá tener indi de agua (humo blanco) ni aceite (humo azu negro es permitido. - El motor no deberá presentar rajaduras e (delantero y posterior del motor, bomba de turbocompresores) - El block y la culata(s) no deberán present

fugas.

- En caso la unidad disponga de radiador, con el motor frío no deberá tener presión por gases de combustión, tanto en alta como en baja.

Exclusiones:

- * Remoción e Instalación del componente y transporte del componente a instalaciones de Ferreyros.
- * Costo por reemplazo de partes no Caterpillar.
- * Reemplazo de Block
- * Reemplazo de Cigüeñal
- * Reemplazo de Bielas
- * Reemplazo de Housing Delantero y Posterior
- * Reemplazo de Cáster de aceite de motor
- * Reemplazo de Múltiples de admisión y escape
- * Reemplazo de Housing de turbocompresores.
- * Reemplazo de Volante
- * Reemplazo de Engranajes
- * Reemplazo de Poleas
- * Reemplazo de Bomba de inyección
- * Reemplazo de Eje de Levas
- * Reemplazo de Damper
- * Reemplazo de Arrancador
- * Reemplazo de Alternador
- * Reemplazo de Turbo
- * Reemplazo de Bomba de agua
- * Reemplazo de Tuberías
- * Reemplazo de Ventilador
- * Faltantes

• CONVERTIDOR DE TORQUE

Estrategia:

Reparacion

Inclusiones:

- * Cambio de sellos, empaques, tapones y demás repuestos requeridos al 100% (en cualquier reparación), para una reparación general. Dichos repuestos en todos los casos serán nuevos originales Caterpillar.
- * Prueba en banco, para garantizar que el convertidor ha quedado de acuerdo a especificaciones.
- * Reemplazo de estator, impelente y turbina.
- * Reemplazo de discos y platos.
- * Reemplazo de engranajes.
- * Reemplazo de ejes.
- * Reemplazo de pistones.
- * Reparacion de bombas del sistema (Reparación integral)
- * Rectificado de carcasa (housing).
- * Mano de obra calificada para realizar la reparación,

entrenada para seguir el procedimiento de ensamble y desensamble (Assembly & Disassembly) de Caterpillar.

Exclusiones:

- * Costo de reemplazo de partes no Caterpillar.
- * Reemplazo de Housings y Case.
- * Reemplazo de Portadores (carrier).
- * Reemplazo de Hub
- * Reemplazo de Múltiple (válvula de control).
- * Reemplazo de Jaula (cage)
- * Reemplazo de Eje de salida.
- * Faltantes.

• TRANSMISIÓN Y CAJA DE TRANSFERENCIA

Estrategia:

Reparacion

Inclusiones:

- * Cambio de sellos, empaques, tapones y demás repuestos requeridos al 100% (en cualquier reparación), para una reparación general. Dichos repuestos en todos los casos serán nuevos originales Caterpillar.
- * Prueba en banco, para garantizar que el convertidor ha quedado de acuerdo a especificaciones.
- * Reemplazo de discos y platos.
- * Reemplazo de engranajes.
- * Reemplazo de ejes.
- * Reemplazo de pistones.
- * Reparacion de Bombas del sistema (Reparación integral).
- * Reparacion de Sensores y Harness eléctricos (Reparación / Reemplazo de ser necesario).
- * Rectificado de carcasa (housing).
- * Mano de obra calificada para realizar la reparación, entrenada para seguir el procedimiento de ensamble y desensamble (Assembly & Disassembly) de Caterpillar.

Exclusiones:

- * Costo de reemplazo de partes no Caterpillar.
- * Reemplazo de Housings y Case.
- * Reemplazo de Portadores (carrier).
- * Reemplazo de Hub
- * Reemplazo de Múltiple (válvula de control).
- * Reemplazo de Jaula (cage)
- * Reemplazo de Eje central.
- * Faltantes.

• LÍNEA DE MANDO

Estrategia:	Reparacion
Inclusiones:	<ul style="list-style-type: none"> * Cambio de sellos, empaques, tapones y demás repuestos requeridos al 100% (en cualquier reparación), para una reparación general. Dichos repuestos en todos los casos serán nuevos originales Caterpillar. * Rectificado de ejes y puntas. * Mano de obra calificada para realizar la reparación, entrenada para seguir el procedimiento de ensamble y desensamble (Assembly & Disassembly) de Caterpillar.
Exclusiones:	<ul style="list-style-type: none"> * Costo de reemplazo de partes no Caterpillar. * Reemplazo de ejes. * Faltantes.
• EJES Y DIFERENCIALES	
Estrategia:	Reparacion
Inclusiones:	<ul style="list-style-type: none"> * Cambio de sellos, empaques, tapones y demás repuestos requeridos al 100% (en cualquier reparación), para una reparación general. Dichos repuestos en todos los casos serán nuevos originales Caterpillar. * Reemplazo de engranajes. * Reemplazo de jaulas (cage). * Rectificado de carcasa (housing). * Mano de obra calificada para realizar la reparación, entrenada para seguir el procedimiento de ensamble y desensamble (Assembly & Disassembly) de Caterpillar.
Exclusiones:	<ul style="list-style-type: none"> * Costo de reemplazo de partes no Caterpillar. * Reemplazo de Housings y Case. * Reemplazo de Portadores (carrier). * Reemplazo de Hub. - Gear Bevel (corona) - Shaft Pinion (piñón) * Faltantes.
• MANDOS FINALES Y FRENOS	
Estrategia:	Reparacion
Inclusiones:	<ul style="list-style-type: none"> * Cambio de sellos, empaques, tapones y demás repuestos requeridos al 100% (en cualquier reparación), para una reparación general. Dichos repuestos en todos

los casos serán nuevos originales Caterpillar.

- * Reemplazo de Engranajes.
- * Reemplazo de Retainers.
- * Reemplazo de Ejes.
- * Reemplazo de Sellos Duo Cone (Reemplazo)
- * Reemplazo de Discos y platos.
- * Rectificado de carcasa (housing).
- * Mano de obra calificada para realizar la reparación, entrenada para seguir el procedimiento de ensamble y desensamble (Assembly & Disassembly) de Caterpillar.

Exclusiones:

- * Costo de reemplazo de partes no Caterpillar.
- * Reemplazo de Housings y Case.
- * Reemplazo de Portadores (carrier).
- * Reemplazo de Hub.
- * Reemplazo de Spindle.
- * Reemplazo de Corona del juego planetario.
- * Reemplazo de Pistones de frenos.
- * Faltantes.

• SISTEMA HIDRÁULICO

Estrategia:

Reparacion

Inclusiones:

- * Cambio de sellos, empaques, tapones y demás repuestos requeridos al 100% (en cualquier reparación), para una reparación general. Dichos repuestos en todos los casos serán nuevos originales Caterpillar.
- * Reemplazo de Bombas del Sistema hidráulico (Reparación)
- * Reemplazo de Controles de válvulas (Reparación)
- * Reemplazo de Cilindros hidráulicos (Reparación)
- * Reemplazo de Mangueras (Cambio)
- * Rectificado de cilindros.
- * Mano de obra calificada para realizar la reparación, entrenada para seguir el procedimiento de ensamble y desensamble (Assembly & Disassembly) de Caterpillar.

Exclusiones:

- * Costo de reemplazo de partes no Caterpillar.
- * Reemplazo de Carcasas de Válvulas, Bombas y Cilindros.
- * Reemplazo de Pistones de Cilindros Hidráulicos.
- * Reemplazo de Vástagos de Cilindros Hidráulicos.
- * Reemplazo de Tuberías.
- * Faltantes.

• SISTEMA ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO

Estrategia:

Reparacion/Mantenimiento

Inclusiones:

- * Cambio de sellos, empaques, tapones y demás repuestos requeridos al 100% (en cualquier reparación), para una reparación general. Dichos repuestos en todos los casos serán nuevos originales Caterpillar.
- * Reemplazo de ECM (Cambio o Revisión según el esquema propuesto)
- * Reemplazo de Sensores (Cambio según el esquema propuesto)
- * Reemplazo de Harness eléctricos (Cambio según el esquema propuesto)
- * Reemplazo de Sistema de Iluminación
- Lámparas (Cambio según el esquema propuesto)
- * Mano de obra calificada para realizar la reparación, entrenada para seguir el procedimiento de ensamble y desensamble (Assembly & Disassembly) de Caterpillar.

Exclusiones:

- * Costo de reemplazo de partes no Caterpillar.
- * Faltantes.

• ESTACIÓN DEL OPERADOR

Estrategia:

Reparacion/Mantenimiento

Inclusiones:

- * Cambio de sellos, empaques, tapones y demás repuestos requeridos al 100% (en cualquier reparación), para una reparación general. Dichos repuestos en todos los casos serán nuevos originales Caterpillar.
- * Reemplazo de Pedales de cabina (Reparación / Cambio según el esquema propuesto)
- * Reemplazo de Panel de Instrumentos (Cambio de módulos según el esquema propuesto)
- * Reemplazo de Válvulas de control de cabina (Cambio según el esquema propuesto)
- * Reemplazo de Asiento (Cambio según el esquema propuesto)
- * Mano de obra calificada para realizar la reparación, entrenada para seguir el procedimiento de ensamble y desensamble (Assembly & Disassembly) de Caterpillar.

Exclusiones:

- * Costo de reemplazo de partes no Caterpillar.
- * Reemplazo de estructura completa del panel.

* Faltantes.

• ESTRUCTURA

Estrategia: Reparacion/Mantenimiento

Inclusiones:

- * Recuperación de elementos críticos de la estructura considerando el uso de Cabina Abierta.
- * Rectificado y alineamiento de agujeros de la Estructura (Frame Posterior, Delantero, Tilt Lever, Tilt Link y Cucharón)
- * Reemplazo de Pines de Articulación (Frame Posterior, Delantero y Cucharón)
- * Reemplazo de Elementos de Desgaste y Protectores (Cucharón)
- * Recuperación de Soportes (Cabina)
- * Reemplazo de Mecanismo de Puerta (Cabina)
- * Recuperación o Cambio de Cubiertas (Cabina)
- * Reemplazo de Elementos de Montaje (Cabina)
- * Mano de obra calificada para realizar la reparación, entrenada para seguir el procedimiento de ensamble y desensamble (Assembly & Disassembly) de Caterpillar.

Exclusiones:

- * Costo de reemplazo de partes no Caterpillar.
- * Reemplazo de Frame Posterior
- * Reemplazo de Frame Delantero
- * Reemplazo de Tilt Lever
- * Reemplazo de Tilt Link
- * Reemplazo de Cucharón
- * Reemplazo de Cabina.
- * Recuperaciones por Rajaduras / Daño Estructural
- * Faltantes.

• SISTEMAS ADICIONALES

Estrategia: Mantenimiento

Inclusiones:

- * Cambio de sellos, empaques, tapones y demás repuestos requeridos al 100% (en cualquier reparación), para una reparación general. Dichos repuestos en todos los casos serán nuevos originales Caterpillar.
- * Mantenimiento de inyectores, bomba y líneas del sistema de lubricación (según guía de reusabilidad Caterpillar).
- * Reparacion de líneas y reemplazo de elementos del purificador de aire (según guía de reusabilidad Caterpillar).

- * Mantenimiento del sistema de llenado rápido de combustible (según guía de reusabilidad Caterpillar).
- * Mantenimiento del sistema contra incendios (según guía de reusabilidad Caterpillar).
- * Mano de obra calificada para realizar la reparación, entrenada para seguir el procedimiento de ensamble y desensamble (Assembly & Disassembly) de Caterpillar.

Exclusiones:

- * Costo de reemplazo de partes no Caterpillar.
- * Reemplazo de Componentes del Sistema de Lubricación
- * Reemplazo de Componentes del Sistema de Purificación de Aire
- * Reemplazo de Componentes del Sistema de Llenado rápido de combustible
- * Reemplazo de Componentes del Sistema Contra incendios
- * Trabajos de recuperación de los sistemas antes descritos
- * Faltantes.

2.2 TIEMPO DE REPARACIÓN Y GARANTÍA

- 2.2.1. **Tiempo de reparación en taller.** El tiempo estimado de reparación es de 70 días desde que **FERREYROS** recepciona el componente y colocada la Orden de Servicio (OS) y Orden de Compra (OC). El tiempo de reparación está sujeto a la disponibilidad de repuestos.
- 2.2.2. **Garantía.** La garantía del Servicio de reparación brindada por **FERREYROS** es de 1 año sin límite de horas por defectos de mano de obra, trabajos de recuperación, reusabilidad y cambio de piezas para los sistemas sometidos a reparación.

Aceptado

Representante:

.....

3. TÉRMINOS GENERALES DEL SERVICIO

3.1 RETRIBUCIÓN PACTADA

Se aplicará una tarifa fija por reparación según lo indicado en el numeral 1.2 CUADRO DE TARIFAS en la sección Condiciones Específicas de la Propuesta Comercial. Esta tarifa solamente es aplicable para los equipos especificados en el numeral 1.1 LISTADO DE EQUIPOS en la sección Condiciones Específicas de la Propuesta Comercial considerando la estrategia descrita en el numeral 2.1 CUADRO DE LOS SERVICIOS DE REPARACIÓN y es válida a nivel nacional. La tarifa está expresada en dólares americanos y NO incluye el IGV siendo válida por treinta (30) días a partir de la recepción de la cotización.

Los servicios y componentes no incluidos en la estrategia presentada se presupuestarán como adicionales.

3.2 VIGENCIA

Las condiciones establecidas para la ejecución del servicio de reparación antes de falla entrarán en vigencia con la recepción de la Orden de Servicio y Orden de Compra y/o aprobación del servicio por parte de **LA EMPRESA** vía email o cotización firmada. Dichas condiciones se extenderán durante la vigencia del acuerdo 15/07/2021 A 15/08/2021.

3.3 OTROS SERVICIOS ADICIONALES

- 3.3.1. La atención de servicios no contemplados, en el detalle de los Servicios de Reparación, se realizará bajo presupuesto. **FERREYROS** coordinará la atención de dicho servicio con **LA EMPRESA**.
- 3.3.2. Análisis de Fluidos. Para el análisis de muestras de aceite, la tarifa será de US \$17.50 más IGV por cada muestra. Es responsabilidad de **LA EMPRESA** dejar las muestras de aceite en cualquiera de las sucursales, oficinas o proyectos de **FERREYROS**.
- 3.3.3. Repuestos. En caso **LA EMPRESA** solicite o emita una orden de compra por repuestos, se cotizará los repuestos a los precios de venta vigentes para **LA EMPRESA**.

3.4 AJUSTE DE LAS TARIFAS

- 3.4.1 Ajustes por incremento o disminución de costos. Los ajustes debido a variaciones en agentes externos como inflación, precios de proveedores y OEMs, normas gubernamentales y/o aranceles serán realizados de dos formas: (1) Ajuste Programado: Se realizará al término de los doce (12) meses de iniciado el servicio. (2) Ajuste no programado: Se realizará en cualquier momento, debido a variaciones que en conjunto superen el 5% de la tarifa pactada. Estos ajustes

serán en adición o reducción a la tarifa indicada en el numeral 1.2. CUADRO DE TARIFAS.

- 3.4.2 Los ajustes por incremento, disminución de costos, o variación de la estrategia de reparación, serán realizados por **FERREYROS**. Dichos ajustes serán presentados como una nueva cotización haciendo referencia a la presente propuesta. Las tarifas ajustadas entrarán en vigencia treinta (30) días calendario después de haber sido comunicadas con retroactividad a la fecha de realización del ajuste. **LA EMPRESA** podrá solicitar la justificación por los ajustes realizados.

3.5 FACTURACIÓN Y FORMA DE PAGO

- 3.5.1 Al término de la ejecución del servicio, se emitirá una factura por equipo conforme a lo indicado en el numeral 3.1. RETRIBUCIÓN PACTADA del presente apartado. Para la facturación de cada equipo **LA EMPRESA** enviará un Orden de Servicio (OS) por cada equipo. Adicionalmente, el Acta de Despacho de cada componente que deberá contar con la firma de **LA EMPRESA** y el informe de entrega firmado por **LA EMPRESA** serán necesarios para la facturación.
- 3.5.2 Las facturas serán pagadas dentro de un plazo máximo de treinta (30) días calendario contados desde la fecha de recepción de las facturas por parte de **LA EMPRESA**, mediante depósito en la cuenta en dólares N° 191-0417187-1-19 de **FERREYROS** en el Banco de Crédito del Perú. **LA EMPRESA** se compromete a dar aviso a **FERREYROS** cuando haya efectuado el referido depósito.
- 3.5.3 Vencido el plazo de treinta (30) días calendario a que se refiere el párrafo precedente, **LA EMPRESA** incurrirá automáticamente en mora, quedando facultado **FERREYROS** para cobrar desde ese momento y hasta que se produzca el pago, intereses compensatorios a una tasa anual de 18% y moratorios al 20% de la tasa de intereses compensatorios pactada cuando la retribución ha sido pactada en dólares americanos, e intereses compensatorios a una tasa anual de 18% y moratorios al 15% de la tasa de intereses compensatorios pactada cuando la retribución ha sido pactada en moneda nacional, agregándose en ambos casos los gastos administrativos y de cobranza. En caso el interés compensatorio y moratorio pactado que está facultado a cobrar **FERREYROS** exceda la tasa máxima permitida por ley, será esta última la tasa máxima que **FERREYROS** estará facultada para cobrar.
- En caso de existir deudas impagas vencidas con **FERREYROS** por éste o por cualquier otro **ANEXO 3** o por cualquier otro contrato suscrito entre las **PARTES**, **LA EMPRESA** deberá pagar al contado y por adelantado los **Servicios de Reparación** por realizarse.

3.6 SEGURIDAD DEL PERSONAL

- 3.6.1 Si las condiciones de trabajo atentasen contra la seguridad del personal, previa verificación conjunta de **FERREYROS** y **LA EMPRESA**, **FERREYROS** se reserva el derecho de no prestar el Servicio de Reparación requerido por **LA EMPRESA**.

3.6.2 **FERREYROS** deberá disponer de los procedimientos para la realización de todos los trabajos involucrados en los servicios, estos podrán ser revisados y verificados durante la realización de cualquiera de las etapas del programa.

3.7 FUERZA MAYOR

FERREYROS no será responsable por cualquier incumplimiento o cumplimiento parcial, tardío o defectuoso en la prestación del servicio objeto del presente contrato, debido a la ocurrencia de un evento de caso fortuito o fuerza mayor.

3.7.1. El artículo 1315° del Código Civil Peruano define el concepto de caso fortuito o fuerza mayor como aquella causa no imputable, consistente en un evento extraordinario, imprevisible e irresistible, que impide la ejecución de la obligación o determina su cumplimiento parcial, tardío o defectuoso.

3.7.2. **FERREYROS** comunicará a **LA EMPRESA**, con un plazo no mayor a 2 días, el inicio de un evento de caso fortuito o fuerza mayor.

Prolongación del evento. Si la prestación del servicio se ve substancialmente afectada por la prolongación del evento de caso fortuito o fuerza mayor, durante un plazo mayor a treinta (30) días, **FERREYROS** podrá resolver el presente acuerdo mediante una comunicación por escrito a **LA EMPRESA**.

3.8 RESOLUCIÓN Y TERMINACIÓN ANTICIPADA

Cualquiera de las partes podrá resolver el acuerdo, producto de la aceptación de la presente cotización, de acuerdo al siguiente procedimiento:

- 3.8.1 La parte que alegue un incumplimiento deberá comunicarlo por escrito a la otra parte, detallando en que consiste el incumplimiento, las circunstancias en que se produjo y el día en que ocurrió o el período en que viene ocurriendo.
- 3.8.2 Recibida la comunicación, la parte que la recibió tendrá hasta siete (7) días calendario para cumplir con la obligación cuyo incumplimiento alega la contraparte.
- 3.8.3 Transcurrido este plazo sin que se haya subsanado el incumplimiento, la parte afectada podrá enviar una carta notarial resolviendo el presente acuerdo de pleno derecho de conformidad con lo señalado en el artículo 1430° del Código Civil.
- 3.8.4 Cualquiera de las partes podrá poner término al presente acuerdo antes del vencimiento del plazo estipulado, sin expresión de causa o justificación alguna, con una anticipación no menor de diez (10) días calendario, comunicada por escrito y con cargo de recepción.

Una vez aceptada la presente cotización, el servicio a prestarse estará sujeto a todos los términos y condiciones del Contrato Marco suscrito entre las Partes.

CONOCE PORQUE FERREYROS TE OFRECE EL MEJOR SOPORTE POST VENTA



Oficina Principal

Cristóbal de Peralta Norte 820,
Surco.

Lima, Perú T 626 4000

Red de Sucursales

Piura, Tumbes, Talara, Lambayeque, Cajamarca, Trujillo, Chimbote, Lima, Huaraz, Ica, Arequipa, Puno, Cusco, Huancayo, Cerro de Pasco, Ayacucho, La Merced, Iquitos, Trompeteros, Pucallpa, Tingo María, Tarapoto, Bagua, Puerto Maldonado, Andes