

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



Diseño de un plan de mantenimiento preventivo en la empresa Cerámicos del Sol S.A.C para reducir pérdidas económicas

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

AUTOR

Georges Gerard Bache Vega

ASESOR

Joselito Sanchez Perez

<https://orcid.org/0000-0002-1525-8149>

Chiclayo, 2025

**Diseño de un plan de mantenimiento preventivo en la empresa
Cerámicos del Sol S.A.C para reducir pérdidas económicas**

PRESENTADA POR
Georges Gerard Bache Vega

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

INGENIERO INDUSTRIAL

APROBADA POR

Maximiliano Rodolfo Arroyo Ulloa
PRESIDENTE

Luis Eduardo Vertiz Diaz
SECRETARIO

Joselito Sanchez Perez
VOCAL

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi madre, Elizabeth Vega, mujer incansable que nunca se rindió conmigo, aun cuando yo dudaba de mí mismo. Su fe fue el faro que me guio hacia el bien. Agradezco a Dios, porque en cada reto me dio la oportunidad de crecer y templar mi espíritu. Reconozco también a los maestros y profesionales que con consejos y enseñanzas dejaron huella en mi vida. Finalmente, me dedico este logro a mí mismo, por no ceder ante la adversidad y elegir siempre el camino de la ética, la humildad y la disciplina.

Agradecimientos

Agradezco a Dios, porque cada tropiezo fue una oportunidad de crecer y templar mi espíritu. Me agradezco a mí mismo por levantarme tras cada caída, mantenerme firme frente a tentaciones y seguir adelante. Extiendo mi gratitud a los maestros y profesionales que con consejos y enseñanzas marcaron mi vida. Finalmente, agradezco a la vida, que me enseñó que el éxito es camino, no destino.

Diseño de un plan de mantenimiento preventivo en la Empresa Cerámicos del Sol S.A.C para reducir pérdidas económicas

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	13%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
3	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	<1%
4	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
5	repositorio.unj.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1%
8	Submitted to Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo Trabajo del estudiante	<1%
9	es.scribd.com Fuente de Internet	

Índice

Resumen	6
Abstract	7
Introducción	8
Revisión de literatura	10
Materiales y métodos	19
Resultados y discusión	21
Conclusiones	41
Recomendaciones	42
Referencias	43
Anexos	46

Resumen

La presente investigación tiene como finalidad proponer el diseño de un plan de mantenimiento preventivo para reducir las pérdidas económicas en la empresa Cerámicos Del Sol SAC; para esto, se realizó un diagnóstico de la situación actual del mantenimiento del área de producción de ladrillo en la empresa mediante un análisis documental de las fallas de máquinas, un árbol de fallas y el análisis de modo de fallas, efectos y criticidad; analizando así los indicadores de mantenimiento, así con las pérdidas económicas causadas por utilidad no percibida, mantenimiento correctivo, mano de obra improductiva, obteniendo un valor de S/ 402 137 al año; asimismo, se desarrolló una propuesta de mejora que abarcaba el diseño de un nuevo plan de mantenimiento preventivo basado en la metodología mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM); determinando el nivel de criticidad de las máquinas operativas, además el análisis de modo efecto y falla (AMEF); con todo eso se logró reducir el nivel de pérdidas económicas en un 56%, el tiempo de parada en un 32,48%, y la confiabilidad aumentó un 59,56% incrementando la vida útil de las máquinas. Finalmente, se obtuvo un costo/beneficio de 1,05 soles, un VAN positivo y un TIR de 72,9% consiguiendo demostrar que es proyecto rentable; concluyendo finalmente que la propuesta de mejora planteada permitió reducir las pérdidas económicas en la compañía.

Palabras clave: Proceso productivo, Pérdida Económica, Mantenimiento.

Abstract

The purpose of this research is to propose the design of a preventive maintenance plan aimed at reducing economic losses in the company. To achieve this, an assessment of the current maintenance situation in the brick production area was conducted through a document-based analysis of machine failures, a fault tree analysis, and a failure mode, effects, and criticality analysis (FMECA). This allowed for the examination of maintenance indicators, as well as the economic losses caused by unearned revenue, corrective maintenance, and unproductive labor, resulting in an annual loss of S/ 402 137,00. Additionally, a proposal for improvement was developed, involving the design of a new preventive maintenance plan based on the Reliability- Centered Maintenance (RCM) methodology. This plan determined the criticality level of operational machines and included a Failure Mode and Effects Analysis (FMEA). As a result, economic losses were reduced by 56%, downtime was cut by 32,48%, and reliability increased by 59,56%, thus extending the machines' service life. Finally, the project achieved a cost-benefit ratio of 1,05 soles, a positive Net Present Value (NPV), and an Internal Rate of Return (IRR) of 72,90%, demonstrating the project's profitability. In conclusion, the proposed improvement successfully reduced the company's economic losses.

Keywords: Production process, Economic loss, Maintenance

Introducción

A En la actualidad, la industria dedicada a la construcción y la fabricación de ladrillos desempeña un papel fundamental tanto en el mercado local como internacional. El crecimiento del mercado global de ladrillos se encuentra impulsado por factores como la urbanización acelerada, el aumento en la demanda de edificaciones residenciales y comerciales, así como los proyectos de construcción orientados a modernizar y ampliar las infraestructuras existentes. En 2021, este sector generó ingresos por 6,3 billones de dólares, mostrando un incremento del 5% en comparación con 2020. Se estima que experimentará un crecimiento anual promedio del 8,6% durante el período 2022-2030. Por lo tanto, el aumento sostenido en las actividades de construcción y renovación de instalaciones a nivel global continúa favoreciendo la demanda de ladrillos. [1] El mantenimiento, por su parte, abarca todas aquellas acciones destinadas a preservar las estructuras frente al desgaste y el uso continuo. Estas tareas deben ejecutarse de manera periódica para garantizar el máximo rendimiento y durabilidad de las construcciones. No resulta adecuado esperar la aparición de fallas para realizar reparaciones correctivas, ya que el mantenimiento preventivo permite mantener las infraestructuras en óptimas condiciones y prolongar su vida útil. [2]

En el Perú la producción del ladrillo es uno de los negocios más rentables, debido a la directa relación que tiene con la construcción la cual ocupa el 5,6% (2022) del índice de la producción nacional [3], es por ello que en el país existen 1 840 productores de ladrillos semi industriales con un nivel de la producción nacional de 53 044 millares de ladrillos [4]. A pesar del gran crecimiento en el sector uno de los grandes problemas que aquejan a este mercado es la falta de mantenimiento por lo que genera pérdida de producción y dinero a largo plazo. En un estudio por el grupo Eulen [5], afirma que las empresas que logran tener un mantenimiento óptimo pueden ahorrarse alrededor del 20% en posibles gastos de daños. Aproximadamente solo el 75% de las empresas formales en el Perú poseen un plan de mantenimiento de todas sus instalaciones y equipos. Los otros 25% sufren de las negativas y baja producción que engloba no contar con un plan preventivo, registrando así un aumento del 30% en las pérdidas por daños y fallas, teniendo como consecuencia una disminución del 15% en la producción.

En esta investigación se va a estudiar a la empresa Cerámicos del Sol S. A. C. la cual se encuentra ubicada en el distrito de San José, en la ciudad de Chiclayo – Lambayeque, Perú; es una ladrillera semiautomatizada que comenzó a funcionar en el año 2011 y desde entonces se dedica a la fabricación de siete tipos de ladrillos: pandereta, panderetón, estándar, súper king kong, techo 8, techo 12 y techo 15.

Es una empresa que tiene constante producción, y tiene que garantizar la optimización en todos los procesos.

La empresa sufrió 88 paradas por fallos de las máquinas en los meses de enero a diciembre del año 2022 lo cual se refleja en 243,76 horas improductivas donde la empresa perdió S/ 10 080,00 en mano de obra improductiva, dado que cuando una maquina falla se detiene todo el proceso productivo y los trabajadores ponen en pausa sus labores, hasta el problema se solucione por medio de un mantenimiento correctivo interno el cual generó un costo total de S/ 30 850,00 en el periodo de enero – diciembre del año 2022. Cuando ocurren estos fallos el área de mantenimiento encarga a sus 3 operarios del área a que realicen un mantenimiento correctivo de emergencia y así corregir las fallas lo más rápido posible, generando que se detenga por completo el proceso de producción, al realizar el cambio de piezas por desgaste, falla en las maquinas u reparación dan como consecuencia tiempos de demora y lo cual genera pérdidas económicas para la empresa. Dado esto la empresa presento pérdidas económicas por ladrillos no producidos de S/ 110 400,00. Totalizando un total de S/ 160 250,00 aproximadamente en el periodo en mención (enero-diciembre 2022).

Teniendo en cuenta lo anterior se planteó la siguiente pregunta de investigación ¿En cuánto va a reducir las pérdidas económicas al diseñar un plan de mantenimiento preventivo en la empresa Cerámicos Del Sol SAC? Por lo tanto, para responder la interrogante del presente estudio de investigación se planteó como objetivo general el diseñar un plan de mantenimiento preventivo para reducir pérdidas económicas en la empresa CERÁMICOS DEL SOL SAC. Así mismo se tienen como objetivos específicos Diagnosticar la situación actual del mantenimiento del área de producción de ladrillo en la empresa, diseñar el plan de mantenimiento preventivo para evitar paradas de las maquinas, Evaluar el análisis económico diseño del plan de mantenimiento preventivo en la

empresa CERÁMICOS DEL SOL SAC.

La investigación pretende aumentar la disponibilidad de las máquinas de la empresa, logrando disminuir las paradas que generan costos suplementarios, con la finalidad de reducir el porcentaje de pérdidas económicas producidas por las mismas en un 33% aproximadamente, implementando un plan de mantenimiento preventivo en Cerámicos Del Sol SAC el cual, reducirá significativamente la necesidad de reparaciones no planificadas en el área de producción de ladrillos. Esto se traduce en ahorros directos en costos de reparación de maquinaria y equipo, lo que a su vez reduce las pérdidas económicas asociadas con interrupciones en la producción.

Revisión de literatura

Arroyo y Obando [6] en su estudio de la importancia de la implementación de mantenimiento preventivo en las plantas de producción para optimizar procesos especifican la problemática en las empresas productivas actuales que impactan su productividad y por ende su competitividad y sostenibilidad. determinaron una evaluación meticulosa de las máquinas, dispositivos y equipos para asegurar su operación eficiente teniendo una productividad en un 82% y unos gastos de cuidado del 71%. Obteniendo como resultado que un incremento de la productividad hasta en un 25%, disminuye los gastos de cuidado en un 30%, y prolonga la durabilidad de las máquinas y equipos hasta en un 50%. Esto lleva a la conclusión de que la implementación del cuidado proactivo reduce los gastos de cuidado, reduce la reiteración de procesos, la producción de artículos defectuosos y las pérdidas financieras resultantes, lo que a su vez mejora los indicadores de producción y finanzas, y perfecciona los procesos, reduciendo S/ 65 400,00 en gastos, concluyendo que mediante la implementación de un mantenimiento preventivo se reducen gastos y se incrementa la productividad.

Viveros et al. [7] en su investigación “Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo” Se destaca un esquema para el manejo holístico del cuidado de equipos en ladrilleras, incorporando el elemento de evolución constante a lo largo del tiempo hallando valores en su productividad del 86% produciendo 410 557 millares por semana y una pérdida económica del 15% de la utilidad. Posterior a eso mediante el desarrollo de un programa de mantenimiento preventivo, que garantice la confiabilidad de los equipos o seguridad de funcionamiento, y por supuesto el

aumento de la capacidad de los equipos para funcionar en un instante determinado y aumentar la capacidad de operar sin producir daños materiales como laborales se logró un incremento de producción a 459 824 millares lo que hace una diferencia de 49 266 millares por semana, dependiendo del ladrillo a producir teniendo un aumento en la producción por cada tipo de ladrillo es un promedio de 12%, y una reducción de pérdida económica en un 8%, concluyendo que la implementación de plan de mantenimiento aumenta la productividad y reduce pérdidas económicas en la empresa.

Camargo y Valencia [18] en su investigación propone un mantenimiento preventivo para formadora empresa ladrillera hallando una productividad de esta del 84%, considerada baja, debido a factores ambientales adversos, la naturaleza abrasiva de los materiales utilizados, y a veces, la falta de un buen manejo en el reemplazo de piezas; asimismo, presentaba pérdidas económicas del 30% de sus utilidades siendo S/. 147 824 829,37 por unidades no producidas por las constantes fallas. Para abordar estos problemas, los investigadores propusieron una mejora en la gestión del mantenimiento de la empresa ladrillera mediante la implementación de un programa de mantenimiento preventivo enfocado en el cambio programado de las piezas de desgaste en la maquinaria utilizada para la fabricación de ladrillos, con el fin de mejorar el rendimiento y la confiabilidad de los equipos, logrando incrementar la productividad a 93%; al a la vez, se redujo el porcentaje de pérdidas económicas a 12% debido a que con el programa propuesto se ahorraría S/. 90 659 284,00. concluyendo que la implementación de plan de mantenimiento aumenta la productividad y reduce pérdidas económicas en la empresa.

Gonzales [19] en su investigación en una empresa especializada en la fabricación de una variedad de ladrillos halló que sus equipos a menudo requieren mantenimiento correctivo, lo que resulta en interrupciones en la línea de producción, lo que a su vez causa desorden, pérdida de tiempo y la incapacidad de satisfacer la demanda presentando una producción de 410 557 millares de ladrillos estándar por semana, presentando una pérdida económica del 12% por perdida de utilidades y contratación de mano de obra. Por ende, el autor propuso la implementación de un plan de mantenimiento preventivo, desarrollando un enfoque personalizado para cada máquina junto con un inventario adecuado aumentando así su capacidad de funcionamiento,

obteniendo que la producción aumentó a 459 824 millares, lo que representa una diferencia de 49 266 millares por semana. Esto se traduce en un aumento promedio del 12% en la producción y una reducción de pérdidas económicas de 7%, variando según el tipo de ladrillo fabricado. Concluyendo entonces que la implementación de un mantenimiento preventivo es eficiente para reducir pérdidas económicas.

Castillo y Marcelo [20] en su investigación en una empresa de fabricación de ladrillos identificó que trabajaban mediante un plan de mantenimiento que era principalmente correctivo y ocasionalmente preventivo teniendo entonces un MBTF de 42,12 horas por fallo, una disponibilidad de equipos del 62,12% y una eficiencia de equipos de 82,13%. Estos propusieron el diseño de un plan de mantenimiento productivo total (TPM) específicamente para la compañía en estudio para mejorar la productividad actual de 81% obteniendo que el tiempo medio entre fallas (MTBF) aumentó a 36,02 horas por fallo, con un tiempo medio de reparación de 1,26 horas por corrección. La disponibilidad de los equipos alcanzó el 96,62%, la eficiencia de la maquinaria se estableció en un 90,83%, y la productiva posterior a la implementación fue de 95,41%. En última instancia, tras la evaluación económica, se concluyó que la propuesta es viable, ya que se registró un valor actual neto (VAN) de S/. 60 823,69, una tasa interna de retorno (TIR) del 38%, y un índice de Rentabilidad que indica que por cada sol invertido se obtiene una ganancia de 1,64 soles. Concluyendo que la implementación de TPM incrementa los indicadores de mantenimiento y productividad en la compañía en estudio.

Fustamante [21] en su investigación centrada en una empresa dedicada a la producción de gravas y arenas de diversos tamaños para uso en construcción. Se llevó a cabo una auditoría de mantenimiento obteniendo un resultado del 72%. Asimismo, se calculó el OEE con un porcentaje de 64,4%. El estudio implicó identificar los problemas existentes en la planta chancadora, analizar los modos y efectos de fallos, y evaluar la criticidad de las máquinas utilizando el método de Weibull. Se propuso la implementación de un mantenimiento centrado en la confiabilidad como una solución para mejorar la producción, aumentar la disponibilidad de maquinaria y reducir costos. Como resultado de la implementación de esta propuesta, la empresa Astaldi en Piura logró reducir los costos de mantenimiento en S/ 7 872,09 anuales. Además, se obtuvo un valor

actual neto (VAN) positivo de S/ 147 206,44 y una tasa de interés de 0.97% durante un período de 5 años evidenciando la efectividad de adoptar un enfoque de mantenimiento más estructurado y basado en la confiabilidad de los equipos.

Bermúdez [22] en su investigación realizó un estudio descriptivo que comenzó con un diagnóstico de la empresa para establecer los objetivos y el alcance del proyecto. Esto permitió la formulación de una metodología estructurada en la que las actividades de mantenimiento, tanto correctivas como preventivas, pudieran generar resultados beneficiosos para la empresa. Se desarrolló un sistema de información compuesto por varios documentos, incluidas las hojas de datos de maquinaria, órdenes de mantenimiento, salidas, inventario y codificación de maquinaria. Utilizando los datos recopilados, se aplicaron métodos para calcular proyecciones y se estableció un conjunto de indicadores de desempeño con el objetivo de realizar un análisis cuantitativo de cómo se comportaría el departamento de mantenimiento y qué efecto tendría en la organización. Para concluir, el estudio incluyó un análisis comparativo de los costos del mantenimiento correctivo llevado a cabo durante los meses de febrero, marzo y abril, en contraste un costo del mantenimiento preventivo asciende a \$18 264 933,00, mientras que el correctivo alcanza los \$46 121 562,00.

Matillas [23] en su investigación tuvo como objetivo determinar el grado de mejora en la productividad del proceso de fabricación de ladrillos de la empresa Cerámicos Piura mediante la implementación de un plan de mantenimiento preventivo la cual presentaba una eficiencia de 84,93%, una eficacia de 86,50% y una productividad de 73,47%. El estudio se llevó a cabo utilizando un enfoque experimental de diseño cuasi experimental, en el cual se trabajó con la producción semanal de ladrillos durante un período de 20 semanas. El análisis estadístico se realizó utilizando el software SPSS, y se encontró que los valores de significancia fueron inferiores a 0,05. Esto indicó un aumento significativo en la Eficiencia y la Eficacia en el proceso de fabricación de ladrillos, lo que llevó a rechazar la hipótesis nula (H^0) y aceptar la hipótesis del investigador ($H1$). Los resultados obtenidos mostraron un incremento en la eficiencia pasando a 96,30%, y en la eficacia, pasando a 96,62%. Además, la productividad del proceso de fabricación de ladrillos mejoró, aumentando a 93,08%. Se observó que el plan de mantenimiento preventivo tuvo un costo

beneficio favorable, brindando resultados rentables para la empresa. En conclusión, la investigación demostró que la implementación de un plan de mantenimiento preventivo generó beneficios favorables para la empresa, mejorando la productividad en el proceso de fabricación de ladrillos.

Linares [24] en su investigación “Gestión de mantenimiento para mejorar la productividad en la Empresa Despensa Peruana S.A.” su objetivo principal fue diseñar se estableció un sistema de gestión de mantenimiento basado en la metodología TPM para elevar la productividad de la compañía Despensa Peruana S.A la cual se consideraba baja siendo de 49%, generando así pérdidas económicas que representaban el 40% del total de ganancias. Se propusieron mejoras basadas en la metodología del TPM, las cuales incluyeron la introducción de un plan de mantenimiento preventivo, un plan de mantenimiento autónomo, un plan para aplicar las 5S y la integración de un departamento de mantenimiento en la estructura jerárquica de la empresa. Tras la implementación de estas mejoras, se realizó una nueva medición de la productividad, observando un aumento del 46% pasando a ser de 95% y una reducción de pérdidas económicas de 11%. Este resultado llevó a la conclusión de que el valor del beneficio costo fue de 1,59, indicando la viabilidad económica de la propuesta.

Moreno [25] en su investigación “Elaboración del plan de mantenimiento para la línea de producción del ladrillo en la Empresa Ladrillera Arcillas LTDA” se buscó el propósito de este plan de mantenimiento preventivo para la empresa Ladrillera Arcillas LTDA. El cual permitió que los encargados del área de Mecánica identifiquen y prevengan defectos operativos mediante una lista de actividades programadas en un cronograma (Tablero de Control), desarrollaron un plan de mantenimiento que incluya el mantenimiento preventivo para la maquinaria de la línea de producción de ladrillos, la cual consta de 4 máquinas interconectadas mediante bandas transportadoras. En el estudio, la organización. se basa principalmente en el mantenimiento correctivo, por lo que resulta crucial implementar medidas de control y prevención para evitar interrupciones en la producción causadas por fallas o cambios inesperados. De esta manera, se garantiza el funcionamiento adecuado de las máquinas y se cumple con los objetivos para los cuales fueron diseñadas. Con base en esta premisa, se ha diseñado un programa dividido en tres fases. Este plan de

mantenimiento tiene como objetivo reducir los tiempos perdidos debido a paradas imprevistas y optimizar la ejecución del mantenimiento, por lo que las actividades se llevarán a cabo en momentos en los que las máquinas no estén en operación, si así se requiere.

Torres [26] en su investigación, la cual fue realizada con el fin de demostrar que la implantación de un plan de mantenimiento preventivo puede aumentar la productividad de los equipos de viscosímetros patrón en la empresa Ofilab Perú SAC identificó que en la empresa existe una baja productividad la cual fue de 53,18% presentando pérdidas económicas de 24%. Este trabajo se basa en investigaciones anteriores y teorías existentes sobre mantenimiento preventivo y productividad. Se desarrolló el plan de mantenimiento preventivo y sus indicadores de disponibilidad y cumplimiento del plan, con el fin de reducir las paradas no programadas. Esta información se estudió utilizando la aplicación de SPSS, lo que permitió mostrar una mejora en la productividad de 92,99% y de igual forma reducir las pérdidas económicas a un 12,7%. En la conclusión, se encontró que se admitió la hipótesis general, lo que infiere que la inducción del plan de mantenimiento mejora significativamente la productividad de la organización.

Romero [27] en su investigación “Aplicación del mantenimiento preventivo para mejorar la productividad en la empresa B&H CARDENAS SAC. Arequipa 2020” tuvo como objetivo desarrollar un plan de mantenimiento preventivo titulado con el propósito principal de mejorar los indicadores de productividad, eficacia y eficiencia de la empresa. La metodología utilizada en esta investigación es de tipo aplicado y el enfoque es cuantitativo. Los datos cuantitativos utilizados provienen de la producción de 45 equipos a lo largo de un año, mediante una prueba inicial y otra al finalizar el año. La observación fue la técnica principal utilizada, y el instrumento utilizado fue una ficha de recolección de datos. La validación de los instrumentos se llevó a cabo mediante el juicio de expertos. Para el análisis de datos descriptivos, inferenciales y la contrastación de hipótesis se utilizó el software estadístico SPSS versión 20. Se llegó a la conclusión de que la productividad aumentó en un 23%, la eficacia en un 19% y la eficiencia en un 12%. Por lo tanto, se aprueban tanto las hipótesis generales como las específicas, y se concluye que la implementación del plan de mantenimiento preventivo incrementa la

productividad, eficacia y eficiencia de la organización.

De acuerdo con Gonzales [10], el mantenimiento se caracteriza por su enfoque sistemático, ya que se ejecuta siguiendo una serie de etapas previamente establecidas en un plan estructurado. Además, durante la realización de las actividades de mantenimiento, se incorporan revisiones periódicas y sistemáticas, las cuales se programan en función del intervalo temporal definido para su implementación.

Según García [14], el concepto de mantenimiento se divide en cinco categorías, cada una con funciones específicas. Entre estas se encuentran: el mantenimiento correctivo, cuyo objetivo principal es resolver las fallas detectadas en los equipos, siendo esta labor responsabilidad del área de mantenimiento; el mantenimiento preventivo, enfocado en preservar y garantizar la funcionalidad de los equipos a través de un programa planificado que anticipa posibles fallas o deterioros; y el mantenimiento predictivo, orientado a proporcionar un análisis detallado del estado de los equipos mediante tareas exhaustivas, como inspecciones de temperatura, medición del consumo energético y detección de vibraciones anómalas, que permiten evaluar su rendimiento y prevenir problemas potenciales.

De acuerdo con Zegarra [16], el mantenimiento preventivo ofrece diversas ventajas, ya que implica la ejecución de tareas específicas destinadas a preservar la funcionalidad de los equipos. Estas actividades, que incluyen lubricación, engrase y reparaciones, se desarrollan en el marco de un programa planificado de mantenimiento, cuyo propósito principal es anticiparse a posibles fallas y asegurar el óptimo rendimiento de los equipos a lo largo del tiempo.

La disponibilidad se entiende como la capacidad de las máquinas para mantener un desempeño productivo óptimo. Este concepto se expresa como la relación entre las horas efectivamente dedicadas a la producción y el tiempo invertido en actividades de reparación o mantenimiento. [16].

La confiabilidad se entiende como la probabilidad de que una máquina funcione sin presentar fallos ni daños que comprometan su operatividad en un período de tiempo determinado. [16].

El tiempo medio de reparación se define como el indicador utilizado para medir el tiempo de operación de una máquina antes de que se detenga debido a una falla o daño mecánico, reflejando así el nivel de desempeño de la máquina

antes de requerir intervención. [16].

El tiempo medio de reparación se define como el indicador que mide el tiempo empleado en la revisión y solución de fallos mecánicos de una máquina o equipo. [16]

El Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF) se define como el indicador de mantenimiento que mide el tiempo promedio transcurrido entre fallos de un equipo, es decir, el tiempo medio que pasa entre dos averías sucesivas.[16]

Tiempo medio de recuperación (MTTR) se define como la esperanza de la variable aleatoria TTR

El Tiempo Medio Entre Paradas por Fallas (TMEPF) se define como el indicador que proporciona información sobre el funcionamiento óptimo de un equipo a lo largo de distintos períodos. Este indicador mide el tiempo promedio de operación de una máquina entre las paradas ocasionadas por fallos. [16].

La Razón de Mantenimiento (RM) se refiere al indicador que mide las horas-hombre (HH) dedicadas al mantenimiento de la máquina en relación con las horas trabajadas por los equipos. Este indicador permite evaluar la carga de trabajo asociada al mantenimiento en comparación con la producción operativa de los equipos, ayudando a identificar posibles áreas de mejora en la gestión del mantenimiento [16].

El Porcentaje de Reparaciones Programadas (PRP) es el indicador encargado de medir la proporción de reparaciones realizadas que fueron previamente planificadas o estimadas. Este indicador compara el número de reparaciones programadas con el total de intervenciones realizadas [16].

Según García [17], las tareas rutinarias son aquellas que se llevan a cabo dentro del mantenimiento preventivo, e incluyen actividades como limpieza, lubricación, ajuste, inspección, pruebas y reparaciones menores. El objetivo de estas acciones es asegurar el funcionamiento continuo de los equipos y prevenir posibles fallas.

La estructura del mantenimiento preventivo [16] se describe en varios aspectos clave. En primer lugar, se presenta una introducción que abarca la definición del mantenimiento preventivo y su relevancia en la gestión de activos, comparándolo brevemente con otros tipos de mantenimiento, como el correctivo y el predictivo. Los objetivos del mantenimiento preventivo incluyen asegurar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos, reducir los tiempos de

inactividad no planificados, prolongar la vida útil de los activos y optimizar los costos de mantenimiento. Además, los beneficios del mantenimiento preventivo se destacan en términos de mejora en la productividad y eficiencia operativa, reducción de los costos asociados a reparaciones imprevistas, aumento de la seguridad para el personal y el entorno de trabajo, así como una mejora en la calidad del producto o servicio.

Las metodologías y técnicas empleadas en el mantenimiento preventivo incluyen inspecciones visuales y funcionales, lubricación y engrase, ajustes y calibraciones, así como el reemplazo de componentes basado en su vida útil estimada. Además, se realiza un análisis de datos para optimizar tanto la frecuencia como los métodos de mantenimiento, asegurando una gestión más eficiente de los equipos.

Las pérdidas económicas asociadas al mantenimiento correctivo se refieren a los costos financieros y operativos que surgen debido a la ausencia de un mantenimiento preventivo adecuado, lo que lleva a la necesidad de realizar reparaciones y correcciones de manera no planificada.

Durante su intervención en las conferencias de TECMA 2019, el experto invitado por Vanguardia Industrial señaló que el impacto financiero del mantenimiento correctivo es considerablemente alto, destacando la magnitud de las pérdidas económicas derivadas de este tipo de mantenimiento [8].

Las pérdidas económicas derivadas del mantenimiento correctivo pueden desglosarse en varias categorías. En primer lugar, se encuentran los costos de reparación, que corresponden a los gastos directos asociados con la reparación de fallos o averías en maquinaria, equipos o instalaciones. A continuación, se presenta la pérdida de producción, que surge cuando la interrupción no planificada de la producción debido a fallos provoca una disminución en los ingresos y en la eficiencia operativa. Finalmente, el reemplazo de equipos ocurre en situaciones extremas, donde la falta de un mantenimiento preventivo adecuado acelera la necesidad de reemplazar activos costosos o equipos dañados, aumentando significativamente los gastos.

Cejalvo et al. [17] definen el Análisis de Árbol de Fallas (FTA, por sus siglas en inglés) como un proceso sistemático que comienza con la identificación de un evento no deseado, denominado suceso TOP, y culmina con el estudio de las causas que originan dicho evento.

[18] Por otro lado, el Análisis de Modos y Efectos de Fallos (AMEF) es una herramienta clave dentro del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM). Su objetivo principal es identificar todos los posibles modos de fallo de una máquina y analizar los efectos que estos fallos podrían tener. Este análisis implica establecer la función de cada componente de la máquina, relacionar los fallos con sus respectivas funciones, identificar los modos de fallo vinculados a cada defecto y evaluar los efectos y consecuencias de cada uno de estos modos de fallo. [19]

La Hoja de Decisión R.C.M es una herramienta clave que facilita la determinación óptima de las funciones o tareas de mantenimiento más adecuadas, permitiendo registrar las respuestas a las preguntas planteadas en el diagrama de decisión del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM). [20] En cuanto al flujo de caja económico, este indicador evalúa la rentabilidad de un proyecto de investigación de manera autónoma, sin tener en cuenta el financiamiento externo. En otras palabras, se considera que la investigación se financia exclusivamente con el capital del inversionista, sin recurrir a fondos externos. [22]

Materiales y métodos

Diagnosticar la situación actual de las maquinarias del proceso productivo del ladrillo en la empresa CERÁMICOS DEL SOL S. A. C.

Se llevó a cabo la recopilación de datos relevantes sobre las máquinas que conforman el proceso productivo y el proceso de mantenimiento de la empresa en estudio mediante cuestionarios al gerente general, al maquinista, al jefe del área de mantenimiento (anexo 14), con el propósito de obtener una visión general de la cultura de mantenimiento de la empresa y visualizar las pérdidas económicas en la empresa Cerámicos del Sol SAC. A continuación, se llevó a cabo un análisis documental utilizando registros históricos de fallas y paradas en las máquinas, así como los tiempos de inactividad e improductivos asociados a dichas fallas. Este análisis permitió obtener información detallada sobre los problemas pasados y evaluar su impacto en la operación de la empresa para posteriormente realizar el cálculo de indicadores de mantenimiento, como el tiempo medio entre fallas (MTBF) [16], el tiempo medio para reparar (MTTR) [16] y la disponibilidad [16]. Estos indicadores cuantificarán el alcance del problema y proporcionarán una base objetiva para evaluar la

eficiencia del proceso de mantenimiento. Por último, se llevará a cabo la aplicación de un árbol de fallas [17] y el análisis de modo de fallas, efectos y criticidad. [17] Estas herramientas son fundamentales para identificar de manera precisa los puntos críticos en las fallas de las máquinas y determinar cuáles requieren una mayor atención.

Diseñar del plan de mantenimiento preventivo en la empresa CERÁMICOS DEL SOL SAC. Se diseñó un nuevo plan de mantenimiento preventivo considerando un sistema de gestión; teniendo en cuenta las políticas de mantenimiento, el objetivo de mantenimiento y la planificación del programa del sistema de gestión de mantenimiento basado en la metodología mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) [17], el desarrollo del programa planificado en el sistema de gestión de mantenimiento; determinando el nivel de criticidad de las máquinas operativas, además el análisis de modo efecto y falla (AMEF) [19], resultado de la hoja de decisión de Mantenimiento, utilización del tiempo promedio operativo hasta el fallo (MTTF) [16], la coordinación con el personal de mantenimiento, los planes y cronogramas de mantenimiento para las máquinas críticas y por último la medición de nuevos indicadores. Teniendo como resultado el plan de mantenimiento preventivo, así como también se crearán órdenes de trabajo e instructivos con el fin de reducir la mano de obra improductiva y darles tareas de mantenimiento preventivo a los operarios del área. Finalmente verificará si los indicadores evaluados inicialmente han mejorado.

Evaluar el análisis económico diseño del plan de mantenimiento preventivo en la empresa CERÁMICOS DEL SOL SAC.

Finalmente, se calculó el costo-beneficio de las 3 herramientas de ingeniería a implementar teniendo por conocimiento la inversión y los costos anuales que involucran: como puede costo del sistema de gestión de mantenimiento [21], que involucran costos de capacitaciones en RCM, costo del software y capacitación del hardware; a su vez, se considera los costos que involucran los materiales, herramientas y la mano de obra involucrada en el mantenimiento preventivo. Finalmente, se midieron los ingresos generados con la propuesta de mejora implementada para realizar el flujo de caja hallando el valor actual neto (VAN) [22], la tasa interna de retorno (TIR)

[22] y el costo/ beneficio posterior a la implementación validando la viabilidad del proyecto.

Resultados y discusión

Diagnosticar la situación actual del mantenimiento del área de producción de ladrillo en la empresa

La empresa Cerámicos del Sol SAC se encuentra activa desde hace más de 10 años dedicada profundamente a la elaboración de diferentes tipos de ladrillos y está ubicada en el distrito de San José, cuenta con su registro único de contribuyente número 20603202580. (Anexo 1)

Cerámicos del Sol SAC es una organización dedicada a la fabricación y comercialización de ladrillos. Ofrecemos diferentes tipos y calidad en nuestro producto. Nuestro objetivo es satisfacer la necesidad de construcción del mercado peruano.

Dentro de 5 años ser una marca reconocida nacionalmente en el sector de construcción de ladrillos. Ofrecer nuevas variedades de ladrillos. Lograr distribuir en otras regiones. Automatizar y usar moderna tecnología en el proceso de quema.

Productos

En la tabla 1 se muestra la producción mensual de los seis tipos de ladrillos que produce la fábrica; Pandereta, Techo 12, Techo 15, Pandereton, Standard y Super.

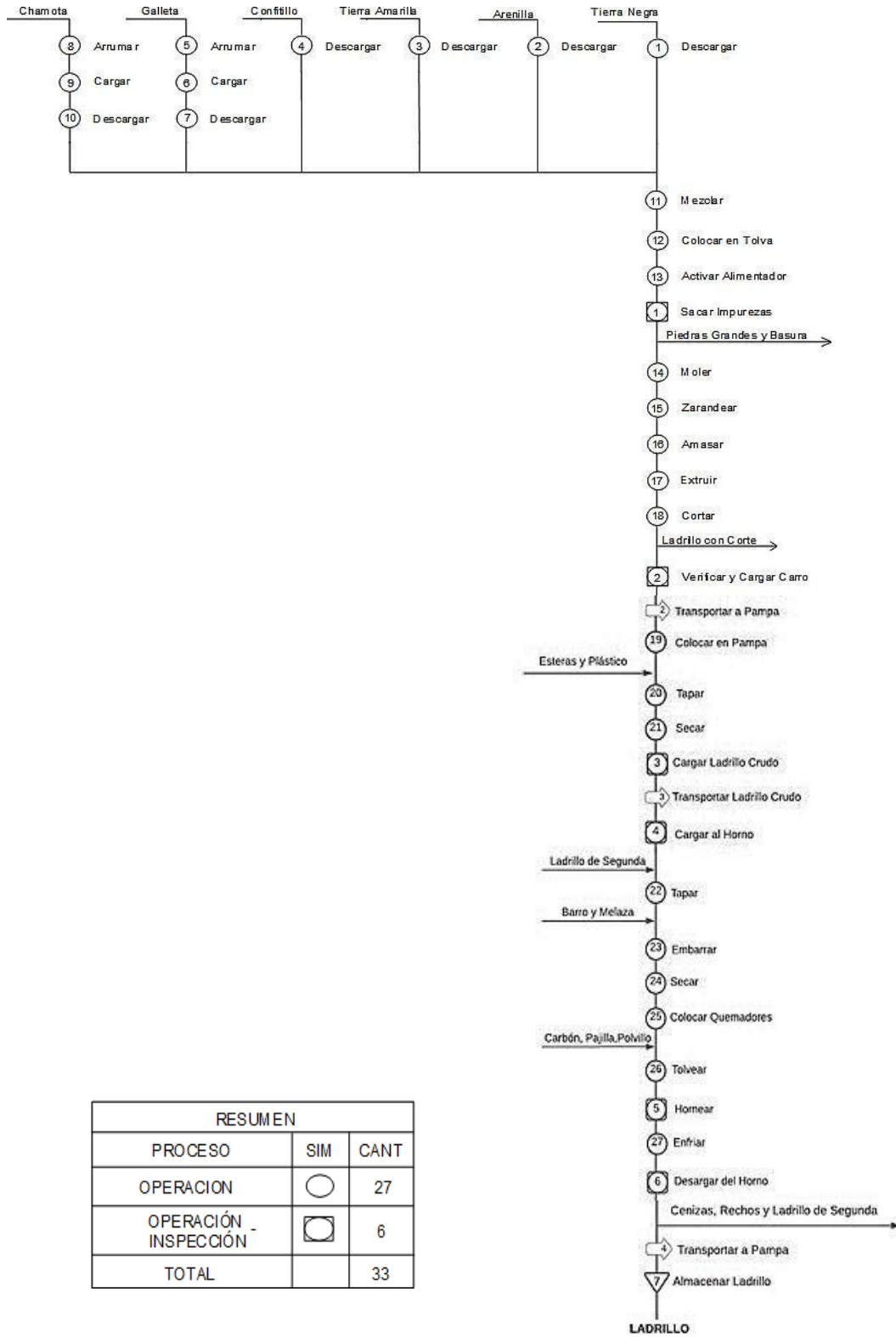
Tabla 1. Producción Mensual (enero- diciembre 2022)

Mes	Turnos	PANDERETA	TECHO 12	TECHO 15	PANDERETON	STANDARD	SUPER	Total
Enero	26	1 250 600	30 720	36 886	95 851	309 390	39 122	1 802 609
Febrero	26	1 259 108	30 505	36 263	95 338	308 657	39 081	1 778 952
Marzo	26	1 247 577	30 290	35 639	94 825	307 925	39 039	1 755 295
Abril	26	1 246 046	30 074	35 016	94 312	307 192	38 998	1 731 638
Mayo	26	1 204 514	29 859	34 393	93 800	306 459	38 957	1 707 981
Junio	26	1 182 983	29 643	33 769	93 287	305 727	38 915	1 684 324
Julio	26	1 107 959	28 428	30 984	91 840	301 912	38 076	1 579 199
Agosto	26	1 227 809	30 276	35 146	92 913	306 703	39 362	1 732 209
Setiembre	26	1 114 123	29 331	32 139	92 594	305 799	39 135	1 613 121
Octubre	26	1 179 311	28 638	31 208	91 167	302 694	39 014	1 592 032
Noviembre	26	1 199 114	28 601	30 386	90 384	301 100	39 020	1 588 605
Diciembre	26	1 127 418	28 064	29 663	90 053	300 766	38 016	1 503 980
Total	312	14 346 562	354 429	40 1491	111 6364	3 664 325	466 734	20 069 945

Fuente: Cerámicos del Sol SAC

Teniendo estos valores de producción por cada producto se establece un diagrama de Pareto para identificar el producto con el que se va a determinar el sistema de producción el cual es el producto que, con mayor producción en la fábrica, teniendo como principal producto el ladrillo tipo pandereta. (Anexo 2)

Diagnóstico actual del proceso de producción



RESUMEN		
PROCESO	SIM	CANT
OPERACION	○	27
OPERACIÓN INSPECCIÓN	◻	6
TOTAL		33

Figura 1. Diagrama de flujo de operaciones

Fuente: Cerámicos del Sol SAC

Etapas en el área de Producción:**Alimentación de la línea de producción:**

En esta etapa del proceso, el operario que maneja el volquete transporta la mezcla desde la pampa hasta la tolva que alimenta la línea de producción hacia el molino de tierra para que comience con la mezcla. El inconveniente aquí es que no hay un control de cuantas toneladas ingresan diariamente, para poder comparar con la cantidad de producción al final del día, y así tener un porcentaje de cuanta materia prima se pierde.

A lado del alimentador se encuentra un operario que desecha las piedras grandes, plásticos o basura que se pueda encontrar en la mezcla. Aquí tampoco se lleva un control de esta merma.

Mezclado:

En esta etapa se inicia el proceso de producción donde las materias primas se mezclan de acuerdo con las proporciones manejadas para cada tipo de ladrillo. De este proceso dependen muchas actividades siguientes, así como la eficiencia de la producción. El problema aquí es que la maquina mezcladora tiene paras debido a la falta de un mantenimiento preventivos lo cual genera una disminución de la producción, es decir se fabrica menos de lo normal.

Molido:

Este proceso es realizado por un molino de martillo que se encarga de triturar la materia prima, las partículas son aplastadas, impactadas, cortadas y molidas por el martillo de alta velocidad.

Zaranda:

La zaranda vibratoria se encarga de separar el material correctamente molido, el cual atraviesa la malla y es enviado a la siguiente etapa, mientras que el resto es desechado. En esta etapa se filtra muchos pedazos secos de ladrillo que generan cortes en producción, la principal causa de esto es la antigüedad de la zaranda.

Amasado:

En este proceso se encuentra una amasadora que mezcla el material proveniente de la zaranda con agua, el operario asignado en esta área se encarga de suministrar el agua de acuerdo con su experiencia, observación, tacto y teniendo en cuenta las medidas de los dos amperímetros ubicados en esta zona,

el primero que mide el amperaje del molino y el segundo de la amasadora. La mezcla se amasa por efecto de un eje provisto de paletas discontinuas que giran y forman una masa homogénea.

Extrusión y Cortado:

En esta área se presentan muchos problemas, uno de ellos es que hay demasiados ladrillos con corte los cuales son desechados, se rompe el alambre, problemas en la mezcla (a veces es muy dura o suave), falta de tierra, falta de coche y fallas en las máquinas, lo cual genera una producción menor a la capacidad normal.

Diagnóstico del proceso actual de mantenimiento

La empresa Cerámicos del Sol SAC no cuenta con una gestión de mantenimiento, ya que se aplica un mantenimiento correctivo cuando ocurre una falla o avería de alguna máquina durante el proceso de producción. El mantenimiento correctivo de la empresa es realizado por una persona externa dentro de las horas de producción iniciadas a las 08:00 am y que culminan a las 07:00 pm, considerando que tienen una hora de descanso de 01:00 pm a 02:00 pm. La detección de fallas en la producción consiste en encontrar y corregir errores antes de que sean desviados a la línea de producción. Cuando el operario detecta un problema, debe dar aviso inmediatamente a su superior, quien debe parar la producción y ponerse en contacto con los técnicos. Ellos analizarán la falla y sus posibles causas. Esto permitirá reparar el problema y evitar que afecte la producción. Se necesita un proceso de detección de fallas eficaz para evitar desperdicios y pérdidas de tiempo. En ese caso, el procedimiento se sigue así: en caso de atascamiento en una máquina, los operarios deben tomar acción para solucionarlo de manera inmediata, pero en el caso de que sea por una falla en el motor o desgaste se pasa a contratar a un técnico, Primero, debe localizar y determinar el problema. Luego, se procede a recolectar las herramientas y piezas necesarias para hacer la reparación. Una vez que se tiene todo listo, procede a realizar la reparación de la máquina y a reactivarla.

Maquinas del área de producción:

La empresa especializada en la producción de Ladrillos Cerámicos del Sol SAC cuenta con una serie de maquinarias las cuales son utilizadas en las operaciones de producción, a continuación, por medio de una tabla

mostraremos los equipos que se utilizan para la elaboración del ladrillo. En el anexo 02 se evidencia la lista de partes desgaste de cada máquina. (Anexo 3)

Análisis de averías ocurridas

Se realizó este análisis en base a la información dada por la empresa sobre su registro de avería, durante la temporada 2022. Se clasifico de acuerdo con las máquinas que se encuentran en la línea de producción de ladrillo pandereta.

Molino de tierra

La máquina molino de tierra durante la temporada 2022, registró 5 averías y 21 horas de paradas a causa de estas; el detalle del suceso de averías se describe en la. (Anexo 4)

Laminadora

La máquina laminadora durante la temporada 2022, registró 9 averías y 20.56 horas de paradas a causa de estas. (Anexo 5)

Cortadora

La máquina cortadora durante la temporada 2022, registró 7 averías y 30.5 horas de paradas a causa de estas. (Anexo 6)

Desintegrador

La máquina desintegradora durante la temporada 2022, registró 7 averías y 16,3 horas de paradas a causa de estas; el detalle del suceso de averías se describe en el anexo 7.

Bandas transportadoras

Las bandas transportadoras durante la temporada 2022, registró 20 averías y 72,8 horas de paradas a causa de estas; el detalle del suceso de averías se describe en el anexo 8.

Extrusora

La máquina extrusora durante la temporada 2022, registró 24 averías y 43,9 horas de paradas a causa de estas; el detalle del suceso de averías se describe en el anexo 9.

Amasadora

La máquina amasadora durante la temporada 2022, registró 16 averías y 38,7 horas de paradas a causa de estas; el detalle del suceso de averías se describe en el anexo 10.

En resumen, el total de frecuencia de averías producidas en las máquinas de la empresa es de 88, las cuales generan 243,76 horas improductivas.

Tabla 2. Frecuencia de averías en el año 2022

Máquina	Frecuencia de Averías	Horas de parada (h)
Molino de tierra	5	21
Laminadora	9	20,56
Cortadora	7	30,5
Desintegrador	7	16,3
Banda Transportadora	20	72,8
Extrusora	24	43,9
Amasadora	16	38,7

Fuente: Cerámicos del Sol SAC

Cálculo del Tiempo Medio Entre Averías (MTBF) - Confiabilidad:

Para su determinación se consideró el tiempo total operativo (se obtiene de la diferencia del tiempo total de producción programado y el tiempo total en reparar) y el número de averías ocurridas en máquina durante el periodo de análisis. (Anexo 11)

Por medio del indicador MTBF, se evidencio que, en el periodo del año 2022, un total de 12 meses que duró la investigación se produjo una falla cada 20,5 Horas.

Costos del mantenimiento correctivo:**Tabla 3.** Costo del Mantenimiento Correctivo Anual 2022

Fecha	Turno	Total de fallos	Tiempo(horas)	Costo de mano de obra improductiva	Costos de materiales/o repuestos	Costo del servicio	Utilidad no percibida	Total	Costo del mantenimiento correctivo
ENERO	Día	10	48	S/ 2,016.00	S/ 4,800.00	S/ 700.00	S/ 30,000.00	S/ 37,516.00	S/ 5,500.00
FEBRERO	Día	8	39	S/ 1,050.00	S/ 2,200.00	S/ 250.00	S/ 15,625.00	S/ 19,125.00	S/ 5,130.00
MARZO	Día	15	52	S/ 2,058.00	S/ 5,250.00	S/ 850.00	S/ 30,625.00	S/ 38,783.00	S/ 6,330.00
ABRIL	Día	11	40	S/ 1,764.00	S/ 6,300.00	S/ 750.00	S/ 26,250.00	S/ 35,064.00	S/ 8,580.00
MAYO	Día	7	35	S/ 1,890.00	S/ 2,300.00	S/ 500.00	S/ 28,125.00	S/ 32,815.00	S/ 4,860.00
JUNIO	Día	9	46	S/ 1,302.00	S/ 3,900.00	S/ 250.00	S/ 19,375.00	S/ 24,827.00	S/ 5,270.00
JULIO	Día	10	48	S/ 2,011.00	S/ 4,700.00	S/ 500.00	S/ 25,450.00	S/ 32,661.00	S/ 5,545.00
AGOSTO	Día	13	48	S/ 2,154.00	S/ 4,850.00	S/ 450.00	S/ 26,800.00	S/ 34,254.00	S/ 5,980.00
SETEMBRE	Día	8	38	S/ 1,987.00	S/ 3,940.00	S/ 650.00	S/ 28,400.00	S/ 34,977.00	S/ 5,120.00
OCTUBRE	Día	9	40	S/ 2,065.00	S/ 4,130.00	S/ 540.00	S/ 26,850.00	S/ 33,585.00	S/ 5,220.00
NOVIEMBRE	Día	15	50	S/ 2,210.00	S/ 5,325.00	S/ 840.00	S/ 29,950.00	S/ 38,325.00	S/ 6,300.00
DICIEMBRE	Día	7	35	S/ 1,870.00	S/ 2,290.00	S/ 350.00	S/ 26,350.00	S/ 30,860.00	S/ 4,855.00
Total		122	519	S/ 22,377.00	S/ 49,985.00	S/ 6,630.00	S/ 313,800.00	S/ 392,792.00	S/ 65,960.00

Fuente: Cerámicos del Sol SAC

Tiempo medio para reparar (MTTR) - Mantenibilidad:

Para su determinación se consideraron el tiempo total improductivo y/o en reparar y el número de averías ocurridas en cada máquina. (Anexo 12)

Este indicador MTTR, evidencia que en el periodo enero 2022 – diciembre 2022, se empleó un tiempo promedio de 4,21 horas para reparación de fallas.

Disponibilidad

Para obtener la disponibilidad se dividió la diferencia del total de horas programadas menos el total de horas de parada, entre el total de horas, como se muestra a continuación:

$$D = (\text{total de horas programadas} - \text{total de horas de parada}) * 100 / \text{total de horas programadas}$$

$$D = (519 - 240) * 100 / 519 \quad D = 53,75\%$$

Por lo tanto, la disponibilidad de las máquinas del proceso productivo en la temporada 2022 fue de 53,75%, lo cual significa que la planta en general no es confiable a un alto grado y consta de una oportunidad de mejora.

Análisis de la implicancia económica actual

Precio de venta del producto ladrillo pandereta

En la siguiente tabla se muestran el precio de venta del producto más frecuente, teniendo como producto final un millar, que contiene 1 000 ladrillos pandereta. (Anexo 13).

Costo de producción

A continuación, se muestra el cálculo del costo variable unitario, tomando en cuenta los materiales directos e indirectos para la elaboración de ladrillo pandereta. (Anexo 14).

Disponibilidad operativa:

Permite obtener el porcentaje en el que las máquinas operan con total normalidad.

Tabla 4. Indicadores de producción en el año 2022

INDICADORES	VALOR ACTUAL	UNIDAD
Confiabilidad (MTBF)	20,5	Horas
Mantenibilidad (MTTR)	4,21	Horas
Disponibilidad	53,75	%

Fuente: Cerámicos del Sol SAC

En la tabla 4 se puede evidenciar que en el periodo 2022, la planta solo contó con el 53,75% de disponibilidad operativa.

Pérdidas Económicas:

Pérdidas Económicas por fallas de las máquinas:

Es la ganancia que la empresa dejó de percibir a causa de paradas en el área de producción, debido a fallas en las máquinas. En el anexo 15 se muestra que en el periodo enero – diciembre 2022, la empresa tuvo una utilidad no percibida

S/ 392 792,00 debido a que no se produjeron 682 174 ladrillos por fallas en los equipos.

Pérdidas Económicas por mantenimiento correctivo:

Cuando se presentan fallas en los equipos, la empresa gasta para arreglarlos, estos son los costos de mantenimiento correctivo (reposición y reparación). (Anexo 16)

En el anexo 16 se observa que en el periodo de investigación (enero – diciembre 2022) se obtuvo un costo de S/ 65 960,00 por realizar mantenimiento correctivo a las máquinas de producción.

Pérdidas Económicas por Mano de Obra Improductiva:

Cuando los equipos fallan las operaciones de producción se detienen y la empresa estaría pagando a los trabajadores por horas no productivas generando pérdidas económicas. (Anexo 17 y 18)

Se evidencia que en el periodo enero- diciembre 2022 la empresa tuvo una pérdida económica de S/ 22 377,00 por tener que pagar a los trabajadores sin haber realizado ninguna actividad productiva.

Resumen de Indicadores:**Tabla 5.** Resumen de Indicadores en el año 2022

PRODUCCIÓN ACTUAL	PRODUCCION ESPERADA	VARIACIÓN	UNIDAD	HERRAMIENTA DE MEJORA
14 346 562	18 260 828	3 914 266	LADRILLOS	
INDICADORES				
PRODUCCIÓN				
INDICADORES	VALOR ACTUAL		UNIDAD	
Confiabilidad (MTBF)	20,5		Horas	
Mantenibilidad (MTTR)	4,21		Horas	
Disponibilidad	53,75		%	PLAN DE MANTENIMIENTO
PERDIDAS ECONOMICAS POR FALLAS				
INDICADORES	VALOR ACTUAL		UNIDAD	
Costos por mantenimiento correctivo	S/ 65 960,00		soles	
Costo por mano de obra improductiva	S/ 22 377,00		soles	
Utilidad no percibida	S/ 313 800,00		soles	

Fuente: Cerámicos del Sol SAC

Incluye los costos de mantenimiento correctivo y el costo de mano de obra improductiva. Teniendo en cuenta los problemas del diagrama de Ishikawa, se tiene el listado de costos que registra la empresa debido a estos problemas del año 2022. (Anexo 19)

Teniendo estos costos se establece un diagrama de Pareto para identificar cuáles son los problemas que causan mayores costos en la empresa.

Tabla 6. Valoración porcentual por problema (enero-diciembre 2022)

Problemas	Valorización	%	% Acumulado
Paradas por fallas de las maquinas	S/313 800,00	78,03%	78,03%
Mantenimiento correctivo	S/65 960,00	16,40%	94,44%
Mano de obra improductiva	S/22 377,40	5,56%	100,00%
	S/402 137,40	1	

Fuente: Elaboración propia

Diseñar el plan de mantenimiento preventivo para evitar paradas de las maquinas

Objetivos de mantenimiento

Para cumplir con la Política de mantenimiento se definieron los siguientes objetivos en base a la ISO 9001-2015: Mejorar la disponibilidad y confiabilidad de las maquinas mediante el uso adecuado de estrategias de mantenimiento y conservar y mantener los componentes y fomentar la autorrealización del personal de mantenimiento mediante capacitaciones. El uso de la ISO es debido a que establece un marco general para la gestión de calidad en toda la organización por lo que puede complementar a la RCM fortaleciendo la confiabilidad operativa, minimizar riesgos y garantizar la calidad en el desempeño organizacional.

Planificación del programa del sistema de gestión de mantenimiento basado en la metodología RCM

La elaboración de la propuesta del sistema de gestión de mantenimiento se realizó mediante la herramienta mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), por ello se elaboran actividades que son de mucha importancia ya que permiten administrar información anticipada a la hora de elaborar el plan de mantenimiento, estas son:

- Elaborar un inventario de las maquinas operativas y su codificación.
- Calcular el nivel de criticidad de las máquinas operativas.
- Elaborar y analizar el diagrama de Pareto para favorecer a las máquinas de mayor criticidad y que generan mayores problemas.
- Elaborar el árbol de fallas de las máquinas con mayor criticidad.
- Elaborar el método de análisis de modo y efecto de falla (AMEF) para analizar causas potenciales de los fallos por cada máquina, plantear las actividades de solución. asignar responsables de acuerdo con las actividades y así mismo determinar el número de prioridad de riesgo (NPR).

Así mismo, se calcularán los nuevos indicadores de mantenimiento y finalmente se elaborarán los manuales de mantenimiento preventivo y manual de organización y funciones (MOF) para el personal del área de mantenimiento.

Desarrollo del programa planificado en el sistema de Gestión de Mantenimiento

Elaboración del inventario y codificación de las máquinas operativas

Las máquinas con las que cuenta la empresa Cerámicos del Sol SAC para el procesamiento de ladrillo pandereta se le realizó la codificación respectiva como se ve en el anexo 20.

Determinación del nivel de criticidad de las máquinas operativas

Se procedió a identificar cuál o cuáles de las máquinas que pertenecen al proceso de la línea de producción de ladrillo pandereta se encuentran en estado crítico, por ello se realizó un análisis de criticidad de acuerdo con los criterios expuestos.

Frecuencia de falla

La frecuencia de falla es entre 19 y 36 fallos por año, por lo que se le coloca un puntaje de 4 puntos por máquina.

Impacto operacional

La pérdida en la producción es entre 100 mil a 150 mil soles, por lo que se le coloca un puntaje de 5 puntos por máquina,

Flexibilidad operacional –MTTR

El tiempo promedio para reparar es entre 2 y 4 horas, por lo que se le coloca un puntaje de 2 puntos por máquina.

Costos de operación

Los costos de reparación están entre 5 000 a 10 000 soles, por lo que se le coloca un puntaje de 3 puntos por máquina.

Impacto ambiental

No se generan daños ambientales, ni violación de regulaciones y leyes ambientales durante el mantenimiento correctivo que se realiza a las máquinas.

Daños al personal

No se genera daños al personal durante el mantenimiento correctivo que se realiza en las máquinas.

La propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento se centrará en las máquinas con criticidad alta, siendo estas la máquina: amasadora, extrusora, cortadora y molino. (Anexo 22) En la tabla 7, se aprecia la mayor concentración de criticidad según el análisis de Pareto debido a las averías en las máquinas de código PRAM01, PRCO01, PREX01 y PRMO01 en dicha concentración las máquinas clasificadas en un nivel A representan 49% del total del nivel de criticidad, esto significa que al intervenir de modo urgente en las máquinas de este nivel, se logrará reducir el nivel de criticidad en alrededor de un 80% y la

línea de producción ladrillo pandereta se verá beneficiada de manera directa, positiva y óptima.

Tabla 7. Diagrama de Pareto de las máquinas de la línea de producción de ladrillo pandereta

Máquina	Puntaje	%	% Acumulado	80-20	Nivel
PRAM01	95	13%	13%	80%	A
PREX01	95	13%	25%	80%	
PRCO01	90	12%	37%	80%	
PRMO01	90	12%	49%	80%	
PRFT03	42	6%	55%	80%	B
PRTO02	39	5%	60%	80%	
PRFT02	36	5%	65%	80%	
PRFT04	36	5%	69%	80%	
PRFT05	36	5%	74%	80%	C
PRTO01	24	3%	77%	80%	
PRFT06	24	3%	80%	80%	
PRFT01	20	3%	83%	80%	
PRFT06	20	3%	86%	80%	
PRFT07	20	3%	88%	80%	
PRFT010	24	3%	92%	80%	
PRFT011	24	3%	95%	80%	
PRFT07	20	3%	97%	80%	
PRFT012	20	3%	100%	80%	
Total	755	100%			

Fuente: Cerámicos del Sol SAC.

Árbol de falla

Esta herramienta se emplea para la identificación y corrección de fallas en los equipos. Se priorizan las máquinas según su nivel de criticidad, permitiendo una localización más precisa de las fallas. A continuación, se presentan los diagramas de fallas desarrollados para cada una de las máquinas con mayor criticidad (Anexos 23, 24, 25 y 26).

Análisis de modo efecto y falla (AMEF)

El AMEF es una metodología utilizada para detectar las posibles fallas funcionales y sus causas subyacentes. A partir de la aplicación de esta herramienta, se determinó la tasa de no producción reportada (NPR) asociada a cada falla, lo que facilita la evaluación del impacto que las fallas tienen sobre la productividad de la empresa (Anexos 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33 y 34).

Hoja de decisión de RCM:

Con la información obtenida del AMEF, se desarrolló una hoja de decisiones, que permite definir las actividades de mantenimiento necesarias y establecer su frecuencia, asignando al personal adecuado para llevarlas a cabo (Anexos 35,

36, 37, 38, 39, 40, 41 y 42).

Utilización del tiempo promedio operativo hasta el fallo (MTTF)

El indicador MTTF se utilizó para medir la periodicidad con la que ocurren las fallas en los equipos. Los resultados obtenidos a partir de este indicador sirvieron como base para establecer la frecuencia de las actividades de mantenimiento propuestas.

Empleo de manuales y guías de mantenimiento

Los manuales proporcionaron la base técnica específica para cada equipo, mientras que las guías de mantenimiento complementaron esta información, ayudándome a personalizar y estructurar el plan de mantenimiento según las necesidades y recursos de la operación.

- Elementos de máquinas, Dobrovolski
- Diseño de ingeniería mecánica, Joseph E, Shigley,
- Guía de mantenimiento Rolling-bearings rodamiento SKF,
- Guía de reemplazos y lubricación de rodamientos NSK
- Manual de Mantenimiento Preventivo de Correas y Transmisiones,
- Manual de usuario de compresores,
- Manual de mantenimiento de autoclaves - Planta de conservas
- Guía básica de calderas industriales eficientes – FENERCOM
- Manual de mantenimiento de calderas en procesos industriales – BOSCH
- Guía de mantenimiento preventivo para el área enlatado y cerrado

Coordinación con el personal de mantenimiento

Se revisaron manuales y se calcularon el tiempo de ciertos componentes que fueron revisados junto al jefe inmediato, de acuerdo con ello se realizaron ajustes, obteniendo las frecuencias finales,

Así mismo se calculó el tiempo de vida útil del componente cadena de transmisión perteneciente a la máquina amasadora, extrusora, cortadora y molino.

Planes y Cronogramas de mantenimiento para las máquinas críticas:

El plan de mantenimiento establece las acciones preventivas a realizar, detallando los recursos materiales, la frecuencia, el personal asignado y el tiempo necesario para llevarlas a cabo. A partir del análisis de RCM, se identificaron las actividades preventivas correspondientes. Además, se incorporaron las consideraciones y perspectivas de los operarios del área de

mantenimiento, quienes, por su experiencia práctica con las fallas, son fundamentales para determinar la periodicidad y la prioridad de las tareas de mantenimiento a ejecutar.

La periodicidad o frecuencia se determinó a través del cálculo del Tiempo Medio entre Fallas (MTTF), utilizando manuales o guías de mantenimiento específicas para cada componente, con el objetivo de prevenir fallos antes de que se presenten. Además, se consideró la experiencia del personal de mantenimiento en la estimación de estos tiempos, los cuales fueron establecidos en la hoja de decisiones del análisis RCM.

El personal asignado es responsable de llevar a cabo las actividades programadas, ya sean de índole eléctrica o mecánica. Se consideró la experiencia de los trabajadores de mantenimiento, quienes poseen un conocimiento profundo sobre el tiempo necesario para completar cada tarea. Es crucial que el tiempo medio de reparación de fallas (MDT) no sea excedido, ya que este incluye aspectos logísticos como la preparación de los recursos y las labores de limpieza. Este plan de mantenimiento se ajusta tanto a las recomendaciones de los operarios como a los límites del MDT, lo que garantiza una mayor fiabilidad y eficiencia en el funcionamiento de los equipos.

Se presenta el plan de mantenimiento para los equipos amasadora, extrusora, cortadora y molino. El cronograma de mantenimiento permite organizar y coordinar las tareas de mantenimiento preventivo y los reemplazos de componentes, asegurando que las máquinas operen en condiciones óptimas. De este modo, cada actividad se lleva a cabo en el momento preciso, garantizando que las máquinas estén siempre disponibles para cumplir su función, lo que a su vez optimiza los costos de mantenimiento. A continuación, se detalla el cronograma de mantenimiento para cada uno de estos equipos. (Anexo 43,44,45,46,47,48,49 y 50)

Medición de nuevos indicadores

Tiempo total de mantenimiento preventivo programado

Como se evidencia en el anexo 51 se tiene un total de 43,5 horas de mantenimiento preventivo en 57 intervenciones. De acuerdo con la empresa INFRASPEAK, empresa con una sólida reputación en el sector de gestión de activos y mantenimiento preventivo referenciada en artículos científicos, nos

dice que cada vez que se emplea el mantenimiento preventivo, sería un 80%, en tanto el mantenimiento correctivo un 20%, por lo que tomamos una relación 80/20 de mantenimiento preventivo con mejoras [37], en base a lo cual se calculan los nuevos tiempos con mantenimiento correctivo.

Se calcula en la tabla respecto a reducción el porcentaje del tiempo de parada del mantenimiento propuesto con respecto a la máquina amasadora, extrusora, cortadora y molino.

Tabla 8. Reducción del tiempo de parada con el mantenimiento preventivo (Periodo 2022)

Máquina	Tiempo parado sin mejora (h)	Tiempo mantenimiento preventivo (h)	Tiempo parado con mejora (h)	Reducción de tiempo de parada (h)	% de mejora
PRAM01	61,3	34,5	8,625	52,68	86%
PREX01	30,42	25	6,25	24,17	79%
PRCO01	53,25	25	6,25	47	88%
PRMO01	17,25	10,5	2,63	14,63	85%
Total	162,22	95	23,75	138,48	85%

Fuente: Cerámicos del Sol SAC

El tiempo total programado de mantenimiento preventivo para las 4 máquinas calculadas es de 95 horas que al compararlo con el tiempo de mantenimiento correctivo actual (232,87 horas), disminuye en 138,48 horas, es decir se reduce un 85 % de horas de paradas, lo que significa que serán utilizadas para el beneficio de la empresa,

Evaluación de los indicadores de gestión de mantenimiento preventivo

Tiempo promedio operativo hasta el fallo - MTTF (Confiabilidad)

Para hallar el nuevo valor de confiabilidad se tiene en cuenta lo siguiente:

- **Tiempo total programado:** 1 168 horas

- **Tiempo total de inactividad:** Se calcula entre la desigualdad del tiempo total inactivo con el mantenimiento correctivo (actual) y las horas inactivas con el mantenimiento correctivo (mejora). 105,28 horas

Número de fallas: Se estima las fallas de las máquinas que no llevan a cabo un mantenimiento preventivo (15), sumado las fallas con mayor frecuencia con la propuesta de mejora (17).

$$MTTF = \frac{1\ 168 - 105,28}{15 + 17} = 33,21\ h$$

El MTTF se calculó a nivel global, por lo que se tiene en cuenta el número total de fallas durante la temporada 2022 y el tiempo total de producción planificado.

Del resultado del indicador de confiabilidad obtenido, se tiene que la empresa presentaría una avería cada 33,21 horas en comparación a las 20,5 horas que presenta actualmente.

Tiempo promedio fuera de servicio – MDT (Mantenibilidad)

Para hallar el nuevo valor de mantenibilidad se tiene en cuenta lo siguiente:

- **Tiempo tal en reparar:** Se calcula entre la desigualdad del tiempo total inactivo con el mantenimiento correctivo (actual) y las horas inactivas con el mantenimiento correctivo (mejora).

105,28 horas

Número de fallas: Se estima las fallas de las máquinas que no llevan a cabo un mantenimiento preventivo (15), sumado las fallas con mayor frecuencia con la propuesta de mejora (17).

$$MDT = \frac{105,28}{15 + 17} = 3,29 \text{ horas promedio fuera de servicio}$$

Del resultado del indicador de mantenibilidad obtenido, se tiene que la empresa repararía una avería en 2,08 horas en comparación a las 4,21 horas que presenta actualmente.

Disponibilidad

Para hallar el nuevo valor de disponibilidad se tiene en cuenta lo siguiente:

- Tiempo total programado: 1 168 horas

- **Tiempo tal en reparar:** Se calcula entre la desigualdad del tiempo total inactivo con el mantenimiento correctivo (actual) y las horas inactivas con el mantenimiento correctivo (mejora).

Disponibilidad = 90,99%

Del resultado del indicador de disponibilidad obtenido, se tiene que la empresa aumentaría en un 94,29% en comparación a la actualidad.

Resumen de indicadores antes y después de la mejora

Tabla 9. Resumen de indicadores antes y después de la mejora

Descripción	Valor	Unidad	Objetivo	Valor	Unidad	Logro
Confiabilidad	20.5	Horas	Incrementar la vida útil de las máquinas	33,21	Horas	El tiempo promedio operativo se incrementa 12,71 horas, esto incrementa la vida útil y la operatividad de las máquinas

Mantenibilidad	4,21 Horas	Reducir el tiempo de reparación	3,29 Horas	El tiempo medio de reparación se reducen en 0,92 horas
Disponibilidad	53,75 %	Incrementar la disponibilidad de las máquinas	90,99 %	Incremento en un 37,24 %

Fuente: Cerámicos del Sol SAC

Evaluación del análisis económico de la propuesta

Este último objetivo de la propuesta permite obtener el costo de la inversión que incluye el desarrollo e implementación del plan de mantenimiento preventivo. Este incluye los costos de materiales (Anexo 52) y costos de herramientas (anexo 53) usadas en el mantenimiento preventivo. A su vez, la implementación y seguimiento del plan requiere de costos para la gestión, en materiales y capacitaciones; en la tabla se presenta esta información a detalle. En el caso de la especialización los precios fueron brindados por la CENTRUM PUCP a una tarifa de S/ 4 000,00 (ver anexo 54), esta capacitación la recibirá al jefe de mantenimiento y este dará la información aprendida al personal de mantenimiento. El costo del sistema de gestión de mantenimiento es de S/ 4 000,00 que incluye costos de capacitaciones, y se le añade costos de materiales de escritorio; como se muestra en el anexo 55.

Costos de mano de obra para el personal de mantenimiento

En la propuesta se tomará al ingeniero a cargo de la producción como jefe de mantenimiento, ya que es titulado en la carrera de ingeniería mecánica eléctrica, por lo tanto, se contrataría a un mecánico y electricista industriales para que desarrollen las actividades del plan de mantenimiento. Por ello, el costo total de mano de obra de mantenimiento durante los 12 meses que dura la temporada es de S/.70 970,00.

Inversión total de la propuesta del plan de mantenimiento

En el anexo 57, se muestra el costo total de la propuesta del sistema de gestión de mantenimiento, teniendo un valor de S/ 91 902,60.

Beneficios monetarios después de la mejora

Para calcular los nuevos ingresos es necesario saber cuánto es capaz de producir la empresa con la propuesta de mejora. A continuación, en el anexo 58 se detalla la nueva producción.

Beneficios monetarios en utilidades a percibir después de la mejora

Los beneficios monetarios con respecto a las utilidades percibidas después de la mejora se calculan de la diferencia entre la nueva producción y la producción actual, y se obtiene que con la propuesta de mejora la empresa se beneficiara con S/. 96 987,78.

Beneficios monetarios con la reducción del tiempo de mano de obra inoperativa

El beneficio monetario por dejar de pagar de mano de obra inoperativa es de S/ 4 108,14, ya que se pagará la mano de obra inoperativa correspondiendo al mantenimiento correctivo. (Anexo 59)

Beneficio monetario anual después de la mejora

Se calculó el beneficio monetario anual que se obtendría por la aplicación del plan de mantenimiento preventivo, el valor total del beneficio monetario es de S/ 101 095,92. (Anexo 60)

Flujo de caja económico

Tabla 10. Estado de resultados del proyecto

Estado de resultados						
Año	0	1	2	3	4	5
Ingresos		S/94 495,92	S/95 629,87	S/96 777,43	S/97 938,76	S/99 114,02
costos operativos		S/74 588,80	S/75 483,87	S/76 389,67	S/77 306,35	S/78 234,02
GAV		S/1 860,00	S/1 860,00	S/1 860,00	S/1 860,00	S/1 860,00
Utilidad antes de impuestos		S/18 047,12	S/18 286,01	S/18 527,76	S/18 772,41	S/19 020,00
Impuestos (30%)		S/5 414,14	S/5 485,80	S/5 558,33	S/5 631,72	S/5 706,00
Utilidad después de impuestos		S/12 632,98	S/12 800,20	S/12 969,43	S/13 140,69	S/13 314,00
Flujo de caja						
Año	0	1	2	3	4	5
Utilidad después de impuestos		S/12 632,98	S/12 800,20	S/12 969,43	S/13 140,69	S/13 314,00
Inversión	S/12 813,80	S/12 632,98	S/12 800,20	S/12 969,43	S/13 140,69	S/13 314,00
Año	0	1	2	3	4	5
FNE	-S/12 813,80	S/12 632,98	S/12 800,20	S/12 969,43	S/13 140,69	S/13 314,00

Fuente: Elaboración Propia

En base a la tabla 10, se calculan los indicadores financieros (VAN y TIR), considerando en este caso para la empresa una tasa mínima de retorno (TMAR) de 16,68% teniendo en cuenta la situación política y económica que está atravesando el país actualmente desde hace 2 años, teniendo entonces los siguientes resultados.

Tabla 11. Indicadores financieros

ITEM	VALOR
TMAR	16,68%
VAN	S/28 822,92
TIR	96,3%

Fuente: Elaboración Propia

Encontrando así un VAN positivo, y un TIR mayor al TMAR validando la viabilidad del proyecto, para lo cual se calcular el costo-beneficio (B/C) dándonos que con la mejora de cada sol invertido se tienen un ingreso adicional de S/ 0,10.

Tabla 12. Costo-beneficio de la propuesta

VAN Ingresos	S/310 801,28
VAN Egresos	S/281 978,36
B/C	1,10

Fuente: Elaboración propia

Discusión

En la concurrente investigación los indicadores calculados fueron de 20,5 horas de confiabilidad, 4,21 horas de mantenibilidad, valores considerados bajos ocasionados por una falta de mantenimiento preventivo a las mismas siendo este mayor Castillo y Marcelo [20] quienes en su investigación hallaron un nivel de confiabilidad de 18 horas y 3,75 horas de mantenibilidad; la diferencia se debe a los equipos que presentaban ellos presentaban mayor antigüedad y la empresa realiza mantenimiento correctivo con los mismos operadores. A la vez, en el presente estudio se halló una disponibilidad del 53,73% considerado bajo y siendo un valor menor al encontrado por Camargo y Valencia [18] quienes en su investigación hallaron un valor del 65,34% debido a que sus equipos eran más actuales y existía un especialista eléctrico dentro del equipo. Finalmente se halló un valor de pérdidas de 32% de las utilidades un valor similar al hallado por Bermúdez [22] quien calculó un valor de 35% de las utilidades de la empresa en estudio por falta de mantenimiento de los equipos

que se utilizan en su proceso productivo.

En segundo lugar, mediante la propuesta de un plan de mantenimiento preventivo a las máquinas del proceso productivo se disminuyó las pérdidas económicas en un 56%, este valor es superior al hallado por Moreno [25] quien en su estudio donde aplicó un mantenimiento preventivo mediante el uso de un tablero de control logró la disminución de las pérdidas económicas en un 37%. Asimismo, se logró el incremento de la confiabilidad en un 40,44% y una reducción de la mantenibilidad en un 49,41% respectivamente; este valor es inferior al calculado por Camargo y Valencia [18] quien en su estudio propusieron un mantenimiento preventivo mediante cambio programado de las piezas de desgaste logrando un incremento de la confiabilidad en un 47% y una reducción de la mantenibilidad en un 52,43%, esto debido a que las máquinas críticas en su caso requerían de menor tiempo de mantenimiento al estar en mejores condiciones.

Finalmente, mediante la evaluación del costo/beneficio de la propuesta de investigación se logró encontrar un valor de 1,05 el cual es menor al indicado por Castillo y Marcelo [20] quienes en su artículo de investigación obtuvieron un beneficio/costo de 1,64 teniendo un margen de ganancia mayor porque sus costos operativos son menores a los presentados en la propuesta de la empresa de este proyecto. A la par, Linares [24] en su investigación logró un valor de 1,59 de igual forma más elevado que el encontrado en esta investigación debido a que el margen de beneficio que presentaba el proyecto era mayor a la inversión realizada en el mantenimiento preventivo de las máquinas al ser menos.

Conclusiones

La propuesta de diseño de un plan de mantenimiento preventivo logró reducir las pérdidas económicas de la empresa Cerámicos del Sol SAC a S/ 181 150,0; lo que significa que se redujo un 56 % de las mismas.

Se diagnosticó que la empresa Cerámicos del Sol SAC no cuenta con un área de mantenimiento, ya que el mantenimiento correctivo es realizado por personal externo, lo cual se registraron 88 averías en el año 2022, equivalente a 243,76 horas de paradas de producción. Así mismo se calcularon los indicadores de mantenimiento, teniendo como resultado el tiempo promedio entre fallas (MTTF) de 20,5 horas, el tiempo medio de reparación (MDT) de

4,21 horas y la disponibilidad global del 53,75%, a esto se incluye que la empresa presenta pérdidas al pagar mano de obra inoperativa de S/.22 377,00 y lo que generó las utilidades no percibidas de S/ 313 800,00 durante el periodo evaluado.

Se diseñó un plan de mantenimiento preventivo utilizando la metodología mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), la cual se apoya en herramientas como el Análisis de criticidad; esto permitió mostrar que los amasadora, extrusora, cortadora y molino son las que tienen alta criticidad y requieren de intervenciones preventivas; otras herramientas son el diagrama de Pareto, el árbol de fallas, el análisis modo efecto y fallas (AMEF) y la hoja de decisión RCM, imprescindibles para la elaboración y desarrollo de los planes de mantenimiento. luego de la propuesta el tiempo de parada disminuyó un 32,48%, la confiabilidad aumentó un 59,56% incrementando la vida útil y la operatividad de las máquinas, la mantenibilidad disminuyó un 49,41%, la disponibilidad global aumentó en un 40,45% con respecto a la disponibilidad global antes de la mejora.

Se evaluó el análisis económico de la propuesta del cual se obtuvo el valor actual neto (VAN) de S/14 704,27 más de lo que actualmente tiene la empresa Cerámicos del Sol SAC; así mismo se halló la Tasa Interna (TIR) de 72,9% de rentabilidad promedio mensual, mayor al valor del TMAR GLOBAL (8,9%); por último, se determinó el coeficiente de costo beneficio de S/. 1,05; superior a la unidad, es decir, el beneficio es mayor al costo de inversión; lo que significa que el proyecto es aceptable, rentable y viable para la empresa.

Recomendaciones

Se recomienda a futuros estudios aplicar el mantenimiento predictivo basado en la recopilación de datos históricos y el uso de análisis predictivo para optimizar los recursos financieros destinados al mantenimiento. Asimismo, cuantificar su impacto económico para compararlo con el mantenimiento preventivo.

Se recomienda desarrollar estudios complementarios orientados a la integración de un sistema de gestión de mantenimiento alineado estratégicamente con la planificación y control de la producción, que permita articular de manera coordinada las actividades de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo con los procesos productivos. Dichos estudios deberían

contemplar el uso de plataformas tecnológicas como sistemas ERP y/o SCADA, a fin de centralizar la información operativa, optimizar la programación de intervenciones, reducir tiempos de parada no planificados y mejorar indicadores clave como la disponibilidad, confiabilidad y eficiencia global de los equipos (OEE), contribuyendo así a una mayor eficiencia operativa y sostenibilidad del sistema productivo.

Referencias

- [1] «Análisis de participación y tamaño del mercado de ladrillos tendencias y pronósticos de crecimiento (2024-2029)» Mordor Intelligence, 2024.
- [2] M C Gómez «Proyectos Y Construcciones P&H » P Y H Construyendo Soluciones 29 octubre 2021 [En Línea] Available:<https://pyhca.com/El-Mantenimiento-En-Los-Proyectos-De-Construccion/#:~:Text=El%20mantenimiento%20engloba%20a%20todas Rendimiento%20de%20las%20construcciones%20civiles> [Último Acceso: 7 mayo 2023]
- [3] M - O - O D E E Y Económicos «Perú: Evolución Mensual De La Actividad Del Sector Construcción (Pbi De Construcción): 2016 - 2022» Inei / Dirección Nacional De Indicadores Económicos Perú 2022
- [4] C S Giraldo «César Soriano Giraldo» Mercadeando S A Piura 2018
- [5] J Ramos «Andina» Editora Perú 23 2 2021 [En Línea] Available: <https://andina.pe/Agencia/Noticia-Sector-Mantenimiento-Mueve-Alrededor-S250-Millones-Anuales-El-Peru-834935> [Último Acceso: viernes abril 2023]
- [6] C S & O Q F Arroyo Vaca «Importancia De La Implementación De Mantenimiento Preventivo En Las Plantas De Producción Para Optimizar Procesos» E-Idea Journal Of Engineering Science Vol 4(10) N° 10 Pp 59-69 2022
- [7] P S R K F B L & C A Viveros «Propuesta De Un Modelo De Gestión De Mantenimiento Y Sus Principales Herramientas De Apoyo» Ingeniare Revista Chilena De Ingeniería Vol V 21 N° N 1 Pp 125-138 2013
- [8] V Alcántara «¿Cuál Es El Impacto Económico Del Mantenimiento?» Vanguardia Industrial P 1 2019

- [9] G Trujillo «¿Cuál Es El Impacto Económico Del Mantenimiento?» Vanguardia Industrial 2019
- [10] F Gonzales «Teoría Practica Del Mantenimiento Industrial Avanzado» Fundación Confemetal: España Vol 5 N° 5 P 232 2015
- [11] M M Carlos Fundamentos De Mantenimiento Industrial Pereira Colombia:
Universidad Tecnológica De Pereira 2016
- [12] E D Villanueva La Productividad En El Mantenimiento Industrial México: Instituto Politécnico Nacional 2009
- [13] D Daffuaa Seseemas De Mantenimiento Planeación Y Control Mexico: Limusa S A 2010 P 344
- [14] C García «Modelo De Gestión De Mantenimiento Para Incrementar La Calidad En El Servicio De Departamento De Alta Tensión De Stc Metro De La Ciudad De México» Upiicsa Ipn Mexico 2015
- [15] C Boero «Mantenimiento Industrial» 2012
- [16] M Zegarra «Indicadores Para La Gestión Del Mantenimiento De Equipos Pesados» Lima 2016
- [17] J García «Mejora Actividades del Mantenimiento Preventivo Para Incrementar La Disponibilidad mecánica De Los Equipos De Bajo Perfil De La U M Milpo Lesa S A» Universidad Nacional Del Centro Del Perú Huancayo Perú 2013
- [18] J - V S A Camargo Martínez «Propuesta De Mantenimiento Preventivo Para Formadora Empresa Ladrillera» Universidad Ecci Dirección De Posgrados - Especialización En Gerencia De Mantenimiento Bogotá D C 2018
- [19] J L G Guzman «Propuesta De Mantenimiento Preventivo Y Planificado Para La Línea De Producción En La Empresa Latercer S A C» Universidad Católica Santo Toribio De Mogrovejo Chiclayo 2016
- [20] A - M A J P Castillo Chávez «“Diseño De Un Plan De Mantenimiento Productivo Total Para Incrementar La Productividad En La Empresa Cermaicos Cajamarca S R L»
Universidad Privada Del Norte Cajamarca - Perú 2020
- [21] L E F Quintana «Propuesta De Un Plan De Mantenimiento Centrado En La Confiabilidad En La Planta Chancadora De La Empresa Astaldi - Piura»

Universidad Católica Santo Toribio De Mogrovejo Chiclayo 2020

[22] C A Bermúdez «Diseño Del Plan De Mantenimiento Preventivo Para La Organización Ladrillera Santander Díaz Muñoz S En C En El Municipio De Soacha Cundinamarca» Universidad De Cundinamarca Cundinamarca - Soacha 2016

[23] M Gonzales Y E Luis «Aplicación De Un Plan De Mantenimiento Preventivo Para Mejorar La Productividad En El Proceso De Fabricación De Ladrillos En La Empresa Cerámicos Piura S A C 2019» Universidad Cesar Vallejo Piura - Perú 2019

[24] F N Linares Campos «Gestión De Mantenimiento Para Mejorar La Productividad En La Empresa Despensa Peruana S A» Universidad Cesar Vallejo Chiclayo 2020

[25] D A Moreno Romero «Elaboración Del Plan De Mantenimiento Para La línea De Producción Del Ladrillo En La Empresa Ladrillera Arcillas Ltda » Universidad Tecnológica De Pereira Pereira – Risaralda 2020

[26] Flores Y José «Plan De Mantenimiento Preventivo Para Incrementar La Productividad De La Empresa Ofilab Perú Sac - Lima 2018» Universidad Cesar Vallejo Lima 2018

[27] F J Romero Pacheco «Aplicaciones Del Mantenimiento Preventivo Para Mejorar La Productividad En La Empresa B&H Cardenas S A C - Arequipa 2019» Universidad Inca Garcilazo De La Vega Lima - Perú 2020

[28] M Bunge La investigación científica Su Estrategia Y Su Filosofía México Df: Siglo Xxi 2009

[29] Hernández Metodología De La Investigación México: Interamericana Editores 2014

[30] L Navarro Elola A C Pastor Tejedor Y J M Mugaburu Lacabrera «Gestión Integral De Mantenimiento» Dialnet Barcelona - España 2009

[31] D Mesa Y Ortiz Y M Pinzón « La Confiabilidad La Disponibilidad Y La Mantenibilidad Disciplinas Modernas Aplicadas Al Mantenimiento» Scientia Et Technica Pereira 2006

[32] G Westreicher «Pérdida» Economipedia España 2020

[33] J D R Marin «Reynar Motos: Un Ejercicio Estrategico » Universidad Eafit Medellin Colombia 2017

[34] J H M López «Plan De Negocios Para La Creación De Una

Comercializadora De Repuestos Y Accesorios Para Motocicleta» Universidad Autónoma De Occidente Santiago De Cali 2007

[35] G Alarcon «Venta De Motos Se Incremento En Mas Del Doble En El Mes De octubre 2020» Gestión 06 noviembre 2020

[36] G L C I W & U S D Trujillo Guarderas «Implementación De Un Plan Estratégico De Mantenimiento Del Sistema De Telecomunicaciones Y Su Relación Con La Operatividad De Un Hospital Regional» Scielo Perú Vol Vol 25 N° N 1 Pp 37-50 2022

[37] Infraspak (2021). Estadísticas de Mantenimiento [2018-2021]: Desafíos, Tendencias y Métricas. <https://blog.infraspak.com/es/estadisticas-demantenimiento/>

Anexos

Anexo 1. Información de la empresa

CLASES DE PROCESO DE PRODUCCIÓN

SEGÚN EL RENDIMIENTO TEMPORAL:	Proceso repetitivo para producción en masa
TIPO DE TECNOLOGÍA:	Producción Múltiple Conjunta:
TIPO DE LADRILLOS:	Seis tipos de ladrillos: Pandereta, Panderetón, Estándar, Súper King Kong, Techo 12 y Techo 15
SEGÚN NIVEL DE INTEGRACIÓN:	Producción centralizada
ACTIVIDAD O RUBRO DE LA EMPRESA:	Empresa Ladrillera
TIPO DE TECNOLOGÍA:	Semi Automatizada, en el área de mezclado, molienda, extrusión y cortado
TIPO DE EMPRESA:	Microempresa

Fuente: Cerámicos del Sol SAC






Anexo 2. Valoración porcentual por problema.






Producto	Valorización	%	% Acumulado	
PANDERETA	14 066 601	70,09%	70,09%	A
STANDARD	3 664 325	18,26%	88,35%	B
PANDERETON	1 116 364	5,56%	93,91%	
SUPER	466 734	2,33%	96,23%	C
TECHO 15	401 491	2,00%	98,23%	
TECHO 12	354 429	1,77%	100,00%	
	20069945	1		



Fuente: Elaboración propia

Anexo 3. Equipos de producción

MÁQUINAS DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN				
PROCESO DEL FORMADO DE LADRILLO				
I	MÁQUINA (CAP)	IMAGEN	DESCRIPCIÓN	ANTG
1	Molino de tierra 8 Tn/hora		Embudo de gran dimensión, que sirve canalizador o deposito de materiales, en este caso, contendrá la mezcla para el PT.	6 Años
2	Faja transportadora 1		Cinta de caucho reforzado, que es movido entre dos poleas, que sirve como un sistema de transporte continuo.	6 Años
3	Laminadora 8 Tn/hora		Su función es de fraccionar en partículas a la mezcla del ladrillo	6 Años
4	Faja transportadora 2		Cinta de caucho reforzado, que es movido entre dos poleas, que sirve como un sistema de transporte continuo. Recubierto	6 Años
5	Desintegrador 8 Tn/hora		Encargado de pulverizar la mezcla	8 Años

6	Faja transportadora 3		Cinta de caucho reforzado, que es movido entre dos poleas, que sirve como un sistema de transporte continuo.	8 Años
7	Tolva 8 Tn/hora		Embudo de gran dimensión, que sirve canalizador o depósito de materiales	7 Años
8	Faja transportadora 4		Cinta de caucho reforzado, que es movido entre dos poleas, que sirve como un sistema de transporte continuo.	7 Años
9	Faja transportadora 5		Cinta de caucho reforzado, que es movido entre dos poleas, que sirve como un sistema de transporte continuo.	7 Años
10	Amasadora de doble eje 8 Tn/hora		Sirve para mezclar las MP de fabricar ladrillos provenientes de la tolva	8 Años

11	Faja transportadora 6		Cinta de caucho reforzado, que es movido entre dos poleas, que sirve como un sistema de transporte continuo.	8 Años
12	Faja transportadora 7		Cinta de caucho reforzado, que es movido entre dos poleas, que sirve como un sistema de transporte continuo.	7 Años
13	Extrusora 8 Tn/hora		Se usa para prensar, fusionar, moldear, presionar y empujar el molde nuevo de ladrillo.	8 años
14	Faja transportadora 8		Cinta de caucho reforzado, que es movido entre dos poleas, que sirve como un sistema de transporte continuo.	8
15	Cortador a 20 cortes/min 1200 ct/hora		Utilizado para cortar diferentes tamaños de planchas que salen de la extrusora.	8

16	Faja transportadora 9 (De retorno, lo que se daña es devuelto a la extrusora)		Cinta de caucho reforzado, que es movido entre dos poleas, que sirve como un sistema de transporte continuo.	7
17	Faja de PVC Transportador 10 (área de cortado – Secado)		Cinta de PVC reforzado, que es movido entre dos poleas, que sirve como un sistema de transporte continuo	7

Fuente: Cerámicos del Sol SAC

Anexo 4. Averías en los componentes del molino de tierra

Componente	Función	Avería	Motivo(s)	Nº averías	Tiempo de parada (h)
Martillos	Trituran el material mediante impactos rápidos.	Desgaste de Martillos	Exceso de uso, falta de inspección	2	8
Porta-martillos	Sostiene y gira los martillos en el molino.	Ruptura de Porta-Martillos	Falta de inspección, limpieza y lubricación	2	8
Insertos	Protegen y refuerzan los martillos, aumentando su durabilidad.	Ruptura de eje	Falta de inspección, limpieza y lubricación	1	5

Fuente: Cerámicos del Sol SAC

Anexo 5. Averías en los componentes la máquina laminadora

Componente	Función	Avería	Motivo(s)	Nº averías	Tiempo de parada (h)
Masa lenta	Impulsa y controla el rodillo lento en la laminadora.	Mallas agujeradas	Falta de control de limpieza	2	3.66
Masa rápida	Transmite alta velocidad al rodillo de la laminadora.	Ruptura de polea	Sobrecarga de ajuste, falta de inspección y falta de lubricación	1	3
Camisas recambiables de hierro fundido	Protegen los rodillos de desgaste.	Ruptura de faja de camisa de hierro fundido	Falta de inspección, limpieza y lubricación	2	4.5
Desbarradores	Eliminan rebabas y residuos del material laminado.	Desgaste de desbarradores	Exceso de uso, falta de inspección	4	9.4

Fuente: Cerámicos del Sol SAC

Anexo 6. Averías en los componentes de la cortadora

Componente	Función	Avería	Motivo(s)	Nº averías	Tiempo de parada (h)
Alambre de acero 0.75mm (rollo)	Proporciona el corte preciso y continuo de materiales.	Ruptura de hilos	Sobrecarga de ajuste, falta de inspección	4	15,5
Rodillos de avance	Empujan de manera continua el material a través del proceso de corte	Ruptura de rodillo de avance	Sobrecarga de ajuste, falta de inspección y falta de lubricación	3	15

Fuente: Cerámicos del Sol SAC

Anexo 7. Averías en los componentes del desintegrador

Componente	Función	Avería	Motivo(s)	Nº averías	Tiempo de parada (h)
Masa dentada	Rompe y tritura el material mediante dientes afilados que impactan y desgarran.	Ruptura de Embutidor	Sobrecarga de ajuste, falta de inspección	3	7.5
Masa lisa	Tritura el material mediante superficies lisas que presionan y aplastan.	Ruptura de Correa	Sobrecarga de ajuste, falta de inspección y falta de lubricación	4	8.8

Fuente: Cerámicos del Sol SAC

Anexo 8. Averías en los componentes de las bandas transportadoras

Componente	Función	Avería	Motivo(s)	Nº averías	Tiempo de parada (h)
Banda de caucho de 3 lonas	Transporta materiales con resistencia a la tracción y la abrasión	Desgaste de banda de caucho de 3 lonas	Falta de control de limpieza	5	18,8
Estaciones de rodillo: Rodillos superior, rodillo inferior y amortiguadores	Soportan y guían la banda para mantener su alineación y facilitar su movimiento sin fricción excesiva.	Ruptura de correas de transporte	Sobrecarga de ajuste, falta de inspección y falta de lubricación	6	20,3
Poleas	Dirigen y sostienen la banda, proporcionando el punto de giro para su movimiento.	ruptura de Rodillo	Falta de inspección, limpieza y lubricación	4	12,4
Tambor de tensado	Mantiene la tensión adecuada en la banda para prevenir el deslizamiento y asegurar un funcionamiento estable.	Desgaste de eje	Falta de inspección, limpieza y lubricación	3	10,8
Tambor Motriz	Impulsa la banda mediante fricción, transfiriendo el movimiento de rotación a la banda para su desplazamiento.	Estiramiento de fajas	Sobrecarga de ajuste, falta de inspección y falta de lubricación	2	10,5

Fuente: Cerámicos del Sol SAC

Anexo 9. Averías en los componentes de la extrusora

Componente	Función	Avería	Motivo(s)	Nº averías	Tiempo de parada (h)
Caracoles de extrusión	Mezclan y plastifican el material, impulsándolo hacia la salida.	Desgaste de Caracoles de Extrusión	Falta de control de limpieza	3	8,3
Caracoles de precompresión	Comprimen y homogenizan el material antes de la extrusión principal,	Desgaste caracoles de precompresión	Sobrecarga de ajuste, falta de inspección y falta de lubricación	2	4,2
Embutidores	Ayudan a forzar el material hacia la salida del dado de extrusión,	Ruptura de Embutidor	Falta de inspección, limpieza y lubricación	1	2,2
Calzas de embutidores	Ajustan y controlan el flujo del material en el dado de extrusión,	Desgaste de Calzas	Falta de inspección, limpieza y lubricación	2	3
Peinetas	Distribuyen uniformemente el material antes de la extrusión,	Ruptura de Peinetas	Falta de inspección, limpieza y lubricación	2	2,2
Ancla	Estabiliza y proporciona soporte estructural al conjunto de extrusión,	Atasco del Ancla	Falta de inspección, limpieza y lubricación	1	2,1
Estrella	Transporta y comprime el material hacia los caracoles,	Ruptura de estrella	Falta de inspección, limpieza y lubricación	1	1,5
Bomba de vacío	Extrae gases y aire del material fundido para mejorar la calidad del producto final,	Ruptura de hélice	Falta de control de limpieza	1	3
	Contienen el vacío alrededor	Ruptura de faja de camisa		1	2,6

Camisas de cámara de vacío	del material extruido para eliminar burbujas y mejorar la calidad	de cámara de vacío	Falta de control de limpieza		
Paletas	Mezclan y mueven el material dentro del barril de extrusión,	Ruptura Paletas	Sobrecarga de ajuste, falta de inspección y falta de lubricación	2	2,8
Porta paletas	Sostiene y facilita la rotación de las paletas dentro del barril,	Desbalance de porta paletas	Sobrecarga de ajuste, falta de inspección y falta de lubricación	2	2,8
Placas de revestimiento de extrusión	Protegen y mejoran la resistencia al desgaste dentro del barril de extrusión,	Desgaste de placas de revestimiento de extrusión	Sobrecarga de ajuste, falta de inspección y falta de lubricación	1	2
Polea principal	Proporciona el movimiento rotativo principal para los caracoles de extrusión,	ruptura polea principal	Sobrecarga de ajuste, falta de inspección y falta de lubricación	1	1,6
Poleas	Dirigen y soportan las correas para transmitir el movimiento dentro de la extrusora,	Desgaste de poleas	Sobrecarga de ajuste, falta de inspección y falta de lubricación	2	2
Correas en v	Transmiten la potencia desde el motor principal a otros componentes de la extrusora,	Desgaste correas en v	Sobrecarga de ajuste, falta de inspección y falta de lubricación	1	1,8
Cuerpos cónicos	Facilitan la compresión y el avance del material a lo largo del proceso de extrusión,	Desgaste cuerpos cónicos	Sobrecarga de ajuste, falta de inspección y falta de lubricación	1	1,8

Fuente: Cerámicos del Sol SAC

Anexo 10. Averías en los componentes de la Amasadora

Componente	Avería	Motivo(s)	Nº averías	Tiempo de parada (h)
Tolva de Carga	Desgaste de rodajes del elevador	Falta de control de limpieza	2	8,5
Tambor o cuba de mezcla	Fallo en compresor	Sobrecarga de ajuste, falta de inspección	2	5,4
Embutidores	Ruptura de Embutidor	Sobrecarga de ajuste, falta de inspección y falta de lubricación	2	4,2
Calzas de embutidores	Desgaste de Calzas	Falta de inspección, limpieza y lubricación	2	3,3
Peinetas	Atoramiento de Peinetas	Falta de inspección, limpieza y lubricación	2	3,2
Caja de engranajes en hierro fundido	Ruptura de Peinetas	Falta de inspección, limpieza y lubricación	1	2,2
Paletas	Ruptura Paletas	Falta de inspección, limpieza y lubricación	1	2,1
Porta-paletas	Ruptura de Porta paletas	Falta de inspección, limpieza y lubricación	1	1,6
Placas de revestimiento de Amasado	Ruptura de Placas de revestimiento de Amasado	Falta de control de limpieza	1	3,9
Motor eléctrico	Fallo de guardamotor	Sobrecarga de ajuste, falta de inspección	2	4,3

Fuente: Cerámicos del Sol SAC

Anexo 11. MTFB de los meses del año 2022

MAQUINA	Nº DE FALLAS	TIEMPO DE PARADA (HORAS)	TIEMPO TOTAL PROGRAMADO EN EL PERIODO DE ESTUDIO	MTBF
AMASADORA	8	38,7		647,5
Faja transportadora 1	2	4,0		2 590,0
CORTADORA	7	30,5		740,0
Faja transportadora 2	4	10,0		1 295,0
EXTRUSORA	9	34,2		575,6
Faja transportadora 3	2	10,0		2 590,0
TOLVA 1	5	27,5		1 036,0
Faja transportadora 4	2	7,0		2 590,0
MOLINO	5	21,0		1 036,0
Faja transportadora 5	1	3,0	1 168	5 180,0
TOLVA 2	3	15,3		1 726,7
Faja transportadora 6	1	2,0		5 180,0
Faja transportadora 7	1	4,0		5 180,0
Faja transportadora 8	1	3,8		5 180,0
Faja transportadora 9	1	2,5		5 180,0
Faja transportadora 10	2	6,5		2 590,0
Faja transportadora 11	2	10,5		2 590,0
Faja transportadora 12	1	9,5		5 180,0
TOTAL	57	240,0		20,5

Fuente: Cerámicos del Sol SAC

Anexo 12. MTTR de los meses del año 2022

MAQUINA	Nº DE FALLAS	TIEMPO DE PARADA (h)	MTTR
AMASADORA	8	38,7	4,84
Faja transportadora 1	2	4,0	2,00
CORTADORA	7	30,5	4,36
Faja transportadora 2	4	10,0	2,50
EXTRUSORA	9	34,2	3,80
Faja transportadora 3	2	10,0	5,00
TOLVA 1	5	27,5	5,50
Faja transportadora 4	2	7,0	3,50
MOLINO	5	21,0	4,20
Faja transportadora 5	1	3,0	3,00
TOLVA 2	3	15,3	5,10
Faja transportadora 6	1	2,0	2,00
Faja transportadora 7	1	4,0	4,00
Faja transportadora 8	1	3,8	3,83
Faja transportadora 9	1	2,5	2,50
Faja transportadora 10	2	6,5	3,25
Faja transportadora 11	2	10,5	5,25
Faja transportadora 12	1	9,5	9,50
TOTAL	57	240,0	4,21

Fuente: Cerámicos del Sol SAC

Anexo 13. Valor comercial para un millar de producto terminado en el año 2022

Producto	Unidad	Precio de Venta (S/.)
PANDERETA	1 000	400

Fuente: Cerámicos del Sol SAC

Anexo 14. Costo variable unitario de producto terminado en el año 2022

Materiales directos	Unidad de compra	Cantidad	Costo/Unidad de compra(S/.)	Cantidad requerida/lote	Índice de consumo	Total (S/.)
Materia Prima	kg	2 200	2 100	1 000	0,001	0,25
Materiales indirectos						
Energía eléctrica	kW,h/día	205,85	125	2,42	0,10	0,05
Total						0,3

Fuente: Cerámicos del Sol SAC

Anexo 15. Pérdidas Económicas anuales por ladrillos no producidos

Descripción	Unidad
Capacidad de producción	1300 ladrillos / h
Fallas de máquinas (horas)	519
Pérdida de producción (millares)	682 174
Utilidad por ladrillo	S/ 0,46
Utilidad no percibida (mensual)	S/ 313 800,00

Fuente: Cerámicos del Sol SAC

Anexo 16. Costo del mantenimiento correctivo

Mes 2022	Días laborados	Costo del mantenimiento correctivo
enero	20	S/ 5 500,00
febrero	21	S/ 5 130,00
marzo	25	S/ 6 330,00
abril	20	S/ 5 850,00
mayo	23	S/ 4 860,00
junio	22	S/ 5 270,00
julio	22	S/ 5 545,00
agosto	26	S/ 5 980,00
setiembre	26	S/ 5 120,00
octubre	25	S/ 5 220,00
noviembre	25	S/ 6 300,00
diciembre	22	S/ 4 855,00
TOTAL	277	S/ 65 960,00

Fuente: Cerámicos del Sol SAC

Anexo 17. Costo de mano de obra

Descripción	Unidad
Costo de mano de obra	S/ 8 968,00
Días trabajados	26 días
Jornada laboral	8 h/d
Horas de trabajo mensual	208 horas
Costo de mano de obra por hora	S/ 43,115
Tiempo de mano de obra improductiva por fallos de los equipos	519 horas
Costo de mano de obra improductiva por fallas (Anual)	S/ 22 377,00

Fuente: Cerámicos del Sol SAC

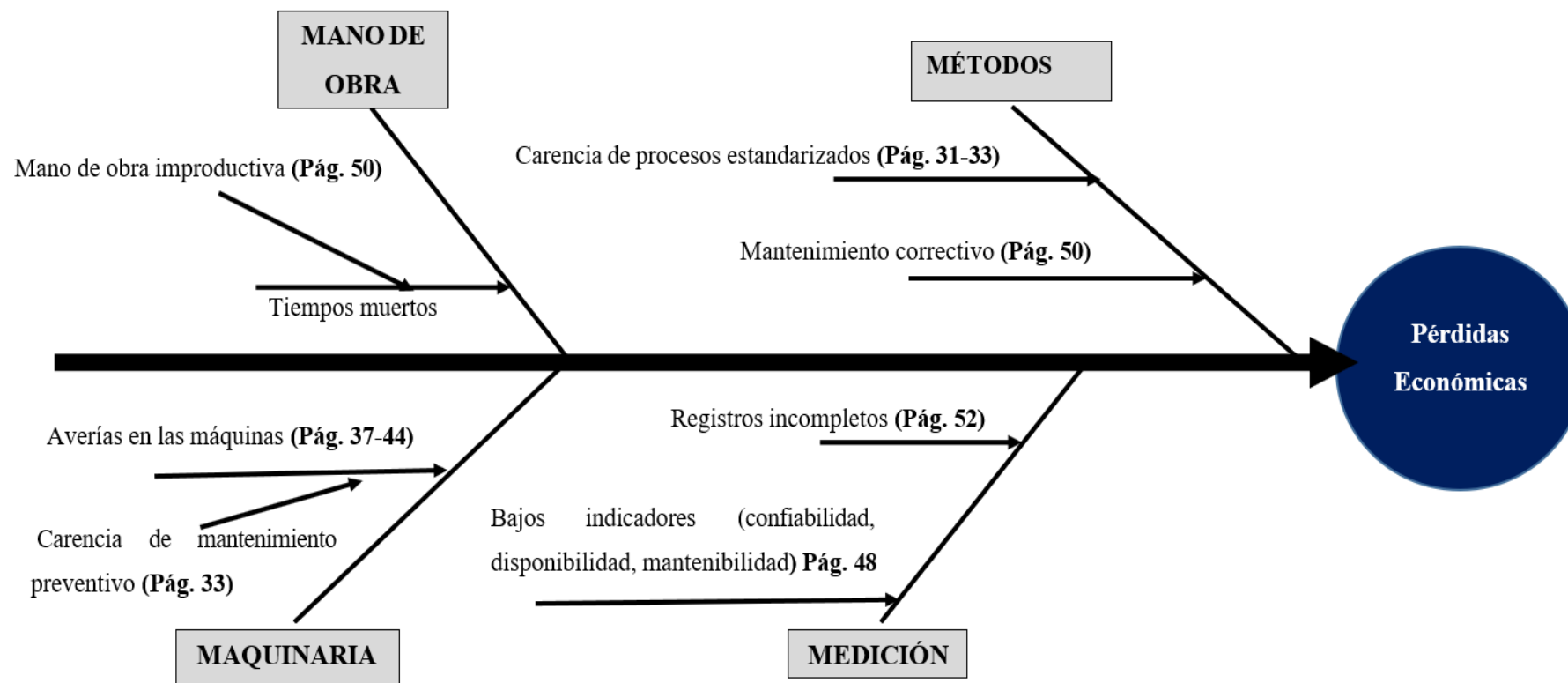
Anexo 18. Costo de mano de obra improductiva mensual

Mes 2022	Días laborados	Costo de mano de obra improductiva
enero	22	S/ 2 016,00
febrero	26	S/ 1 050,00
marzo	26	S/ 2 058,00
abril	25	S/ 1 764,00
mayo	25	S/ 1 890,00
junio	22	S/ 1 302,00
julio	22	S/ 2 011,00
agosto	26	S/ 2 154,00
setiembre	26	S/ 1 987,00
octubre	25	S/ 2 065,00
noviembre	25	S/ 2 210,00
diciembre	22	S/ 1 870,00
TOTAL	292	S/ 22 377,00

Fuente: Cerámicos del Sol SAC

Diagrama de Ishikawa

Anexo 19. Diagrama de Ishikawa



Fuente: Elaboración propia

Anexo 20. Codificación de máquinas de la empresa

MAQUINA	CODIGO
AMASADORA	PRAM01
Faja transportadora 1	PRFT01
CORTADORA	PRCO01
Faja transportadora 2	PRFT02
EXTRUSORA	PREX01
Faja transportadora 3	PRFT03
TOLVA 1	PRTO01
Faja transportadora 4	PRFT04
MOLINO	PRMO01
Faja transportadora 5	PRFT05
TOLVA 2	PRTO02
Faja transportadora 6	PRFT06
Faja transportadora 7	PRFT07
Faja transportadora 8	PRFT06
Faja transportadora 9	PRFT07
Faja transportadora 10	PRFT010
Faja transportadora 11	PRFT011
Faja transportadora 12	PRFT012

Fuente: Cerámicos del Sol SAC

Anexo 21. Daños al personal

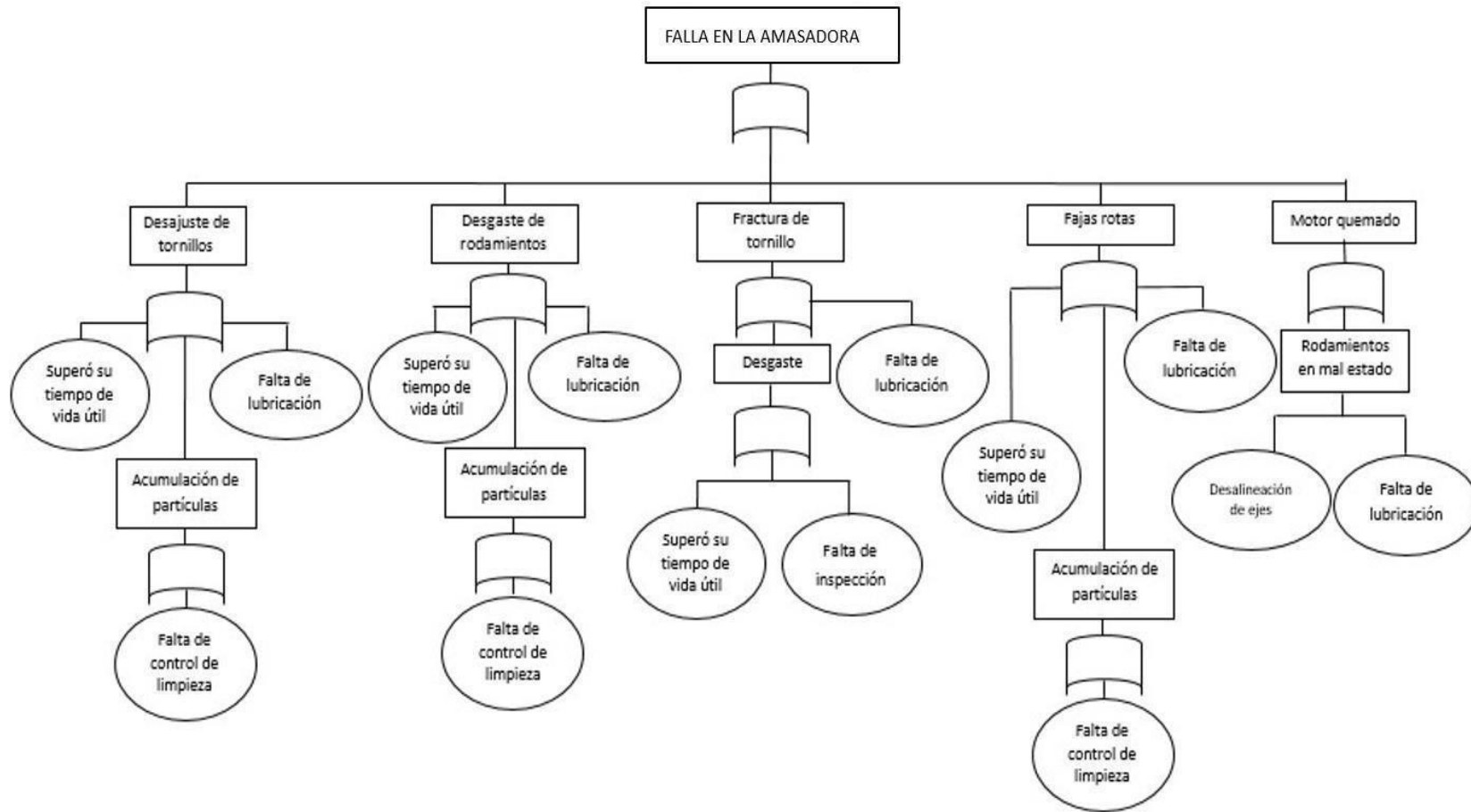


Fuente: Bazán [21]

Anexo 22. Hoja de valoración de parámetros de criticidad de equipos en la empresa

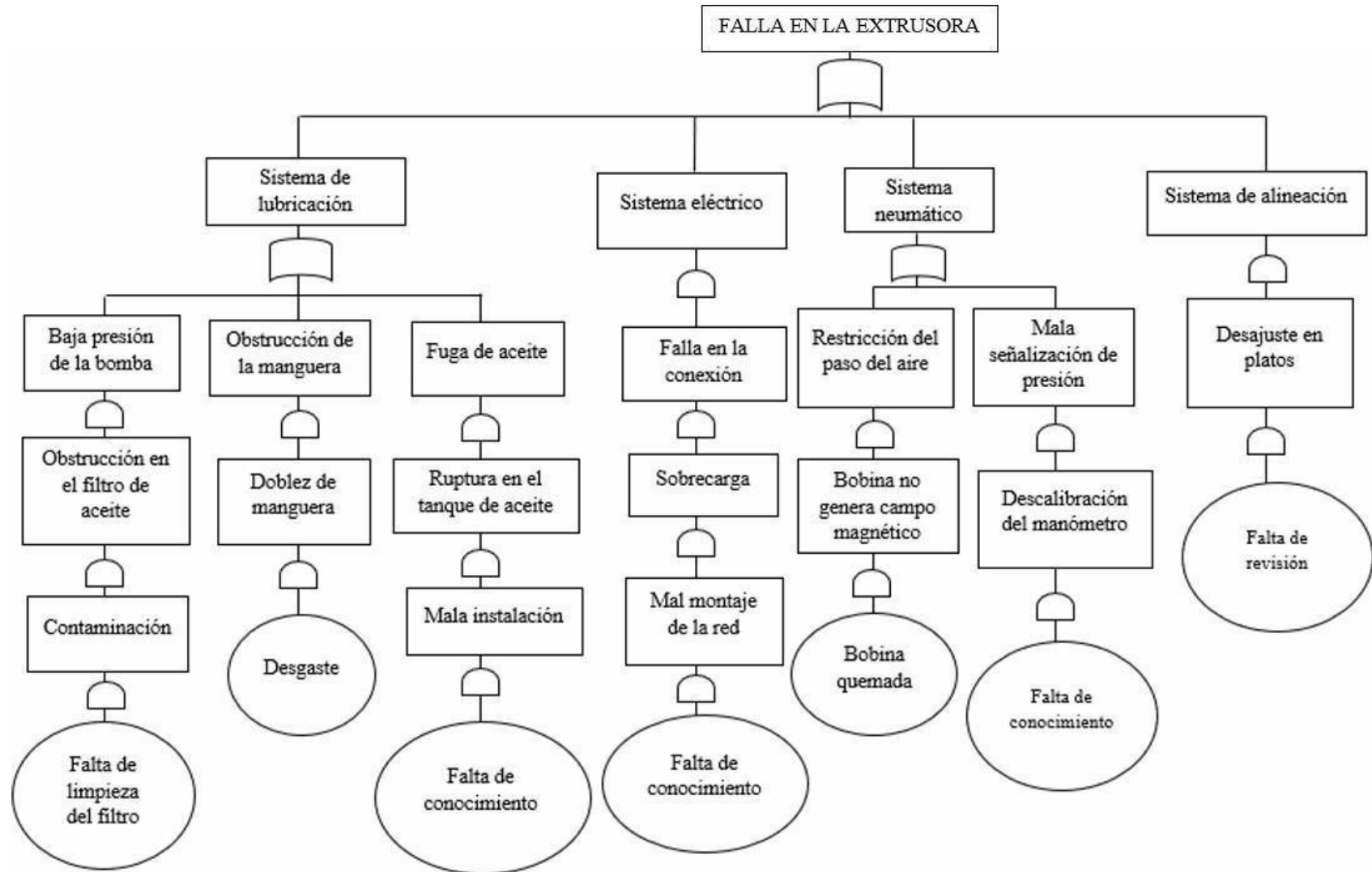
Código de la máquina	Frecuencia falla	Impacto o operación (soles)	flexibilidad operacional (MTTR)	Costos reparación (miles de soles)	Impacto ambiental	Daños Personal	Consecuencia	Total, riesgo	Calificación Criticidad
PRAM01	5	5	2	3	2	4	19	95	Red
PRFT01	2	3	2	1	2	1	10	20	Green
PRCO01	5	5	2	3	2	3	18	90	Red
PRFT02	3	3	2	1	2	3	12	36	Yellow
PREX01	5	5	2	3	2	4	19	95	Red
PRFT03	3	4	2	1	2	3	14	42	Yellow
PRTO01	2	3	2	3	2	1	12	24	Green
PRFT04	3	3	2	2	2	2	12	36	Yellow
PRMO01	5	4	2	3	2	4	17	85	Red
PRFT05	3	3	2	1	2	3	12	36	Yellow
PRTO02	3	3	2	2	2	3	13	39	Yellow
PRFT06	2	3	2	1	2	1	10	20	Green
PRFT07	2	3	2	1	2	1	10	20	Green
PRFT06	2	3	2	3	2	1	12	24	Green
PRFT07	2	3	2	1	2	1	10	20	Green
PRFT010	2	3	2	3	2	1	12	24	Green
PRFT011	2	3	2	3	2	1	12	24	Green
PRFT012	2	3	2	1	2	1	10	20	Green

Fuente: Cerámicos del Sol SAC



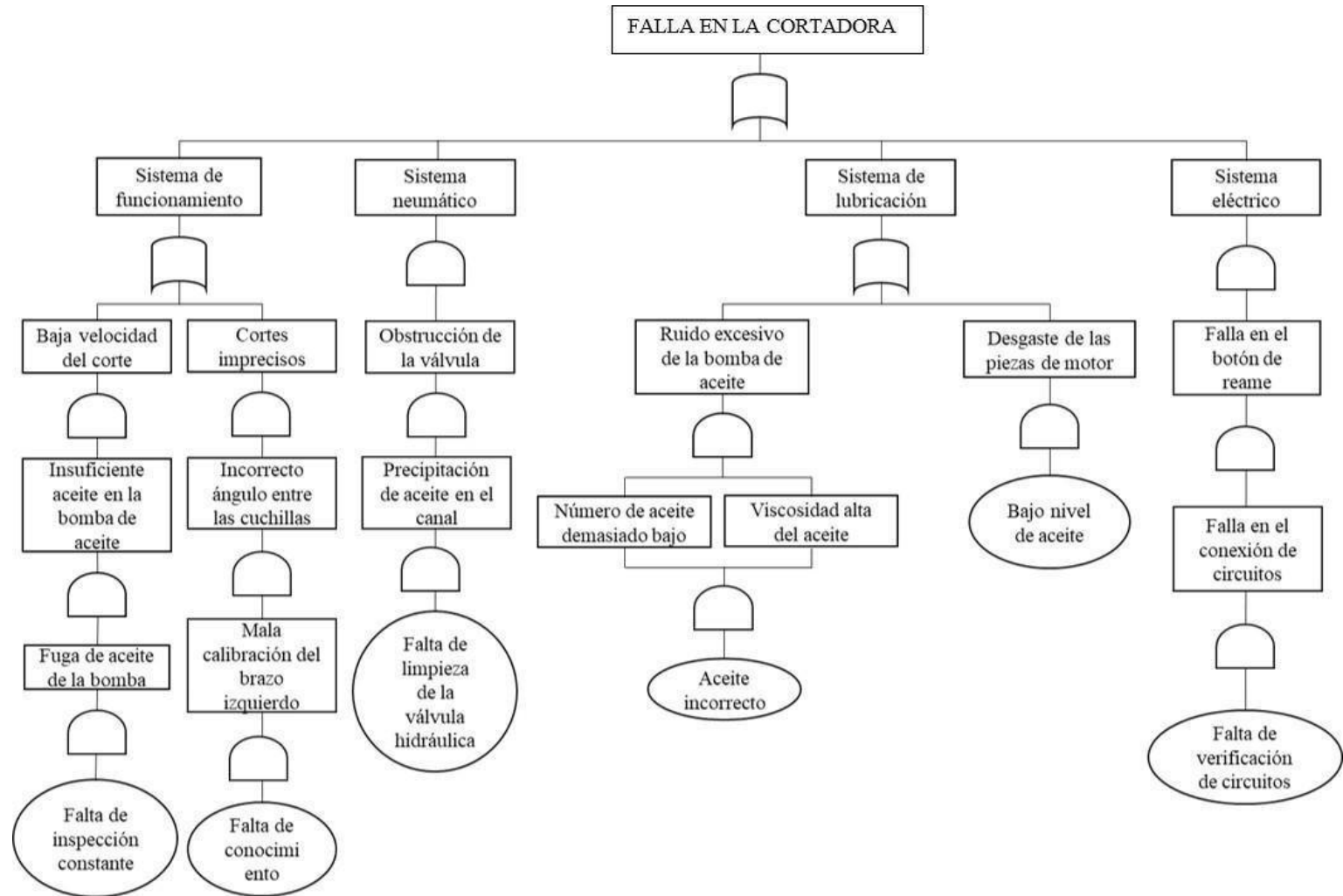
Anexo 23. Árbol de fallas de la máquina Amasadora

Fuente: Cerámicos del Sol SAC



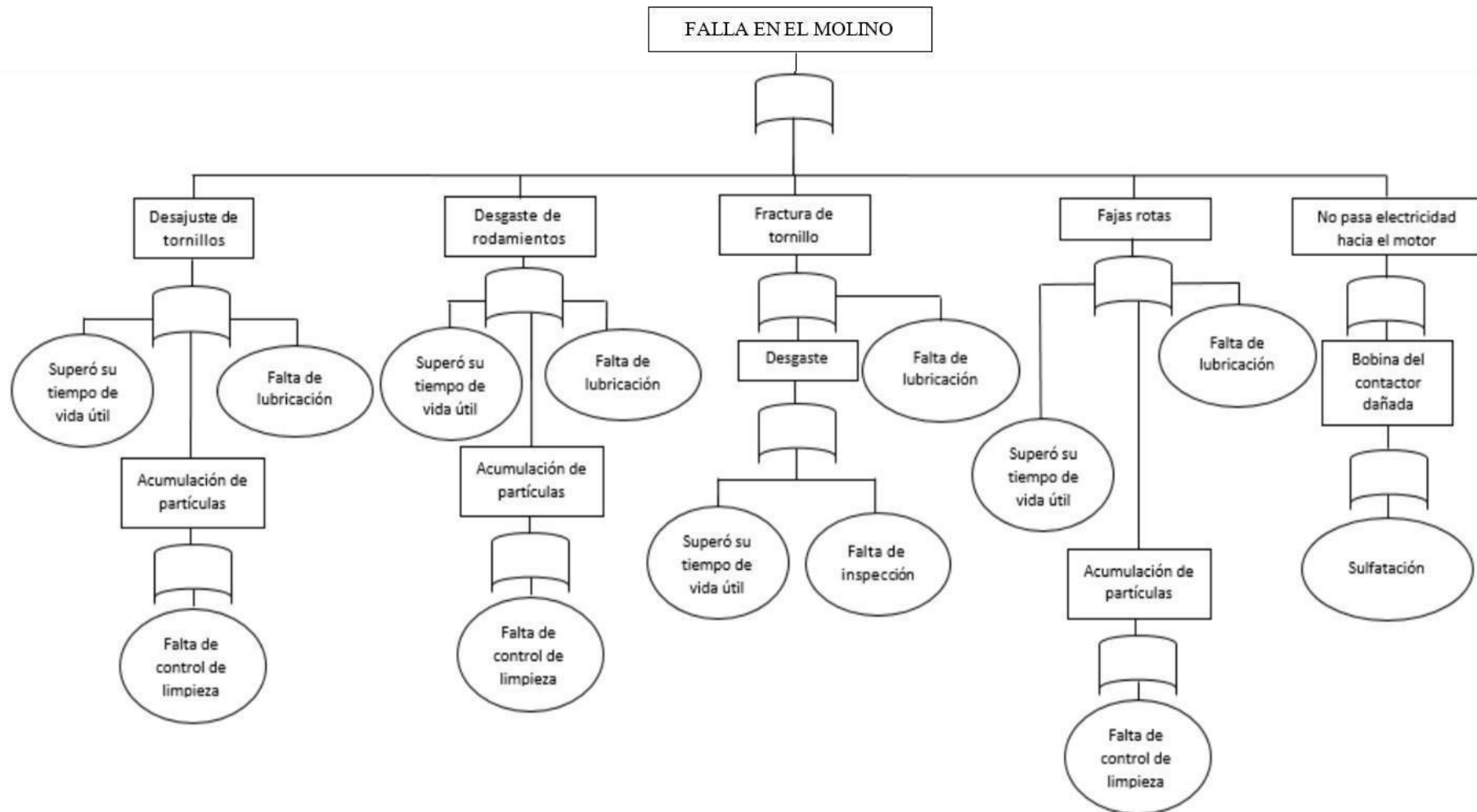
Anexo 24. Árbol de fallas de la máquina Extrusora

Fuente: Cerámicos del Sol SAC



Anexo 25. Árbol de fallas de la máquina Cortadora

Fuente: Cerámicos del Sol SAC



Anexo 26. Árbol de fallas de la máquina Molino

Fuente: Cerámicos del Sol SAC

Anexo 27. Análisis de modo efecto falla (AMEF) realizado en la máquina Amasadora

Nombre de máquina: Amasadora			Realizado por: Georges Gerard Bache Vega						N° de AMEF:1		Pág. N°1 de 2		
Función: mezclar las MP de fabricar ladrillos			Aprobado por:						Condiciones existentes				
Componente	F	Función	F F	Falla de Función	M F	Modo falla	Efectos del modo falla	Causa Potencial	G	O	D	NP R	Nuevo estado
Motor	1	Transmitir fuerzas y movimientos a la chumacera	A	Movimientos lentos y fuertes sonidos	1	Desgaste de eje	La capacidad de la máquina se reduce	Falta de lubricación, falta de control de limpieza y superó su tiempo de vida Útil	9	5	7	315	Inaceptable
Correa de transmisión	1	Transmitir movimiento de rotación entre las poleas	B	Incapacidad de producir movimiento	1	Desgaste de correa de transmisión	La capacidad de la máquina se reduce	Supero su tiempo de vida útil, falta de control de limpieza y falta de lubricación	9	4	7	252	Inaceptable
Chumacera	1	Permite rotación	B	Incapacidad de producir movimiento	2	Desgaste de rodamientos	La capacidad de la máquina se reduce	Supero su tiempo de vida útil, falta de control de limpieza y falta de lubricación	9	4	7	252	Inaceptable
Poleas	1	Permite el movimiento de la amasadora	C	Incapacidad de producir movimiento	3	Desbalance de poleas	La capacidad de la máquina se reduce	Supero su tiempo de vida útil, falta de inspección y falta de lubricación	9	5	7	315	Inaceptable
Cribas	1	Limpia la MP	D	No pasan las impurezas	4	Desgaste de cribas	Deficiencia de limpieza de la MP	Supero su tiempo de vida útil, falta de lubricación y falta de control de limpieza	9	4	7	252	Inaceptable
Contactor	1	Permite el paso de la corriente Eléctrica	E	No pasa electricidad hacia el motor	5	Bobina dañada	Limita la función del motor eléctrico	Sulfatación de los contactos de la bobina	3	4	7	84	Aceptable

Fuente: Cerámicos del Sol SAC

Anexo 28. AMEF correctiva de la máquina Amasadora

Nombre de máquina: Amasadora		Realizado por: Georges Gerard Bache Vega				N° de AMEF:1		Pág. N°: 2 de 2		
Función: mezclar las MP de fabricar ladrillos		Aprobado por:				Condiciones existentes				
Componente	M F	Modo falla	Causa de falla	Acciones correctivas	Responsable	G	O	D	NP R	Nuevo estado
Motor	1	Desgaste de eje	Falta de lubricación, falta de control de limpieza y superó su tiempo de vida útil,	-Limpiar y lubricar la rutina completamente - Cambiar eje	Mecánico	7	1	6	42	Aceptable
Corea de trasmisión	1	Incapacidad de producir movimiento	Supero su tiempo de vida útil, falta de control de limpieza y falta de lubricación	-Cambiar correa de trasmisión -Limpiar y lubricar la rutina completamente	Mecánico	7	1	6	42	Aceptable
Chumacera	2	Desgaste de rodamientos	Supero su tiempo de vida útil, falta de control de limpieza y falta de Lubricación	-Limpiar y lubricar la rutina completamente - Cambiar rodamientos	Mecánico	7	1	6	42	Aceptable
Poleas	3	Desbalance de poleas	Supero su tiempo de vida útil, falta de inspección y falta de Lubricación	-Limpiar y lubricar la rutina completamente -Cambiar poleas	Mecánico	7	1	6	42	Aceptable
Cribas	4	Desgaste de cribas	Supero su tiempo de vida útil, falta de lubricación y falta de control de Limpieza	-Limpiar y lubricar la rutina completamente -Cambiar cribas	Mecánico	7	1	6	42	Aceptable
Contactador	5	Bobina dañada	Sulfatación de los contactos de la bobina	-Limpiar contactor -Cambiar contactor	Electricista	3	1	6	18	Aceptable

Fuente: Cerámicos del Sol SAC

Anexo 29. Análisis de modo efecto falla (AMEF) realizado en la máquina Extrusora

Nombre de máquina: Extrusora		Realizado por: Georges Gerard Bache Vega				Nº de AMEF:1	Pág. Nº: 1 de 2						
Función: Prensar, fusionar, moldear, presionar y empujar el molde nuevo de ladrillo,					Aprobado por:			Condiciones existentes					
Componente	F	Función	F F	Falla de Función	M F	Modo falla	Efectos del modo falla	Causa Potencial	G	O	D	NPR	Nuevo estado
Sistema de lubricación	1	Bombear aceite a la maquina y Alargar la vida útil de la maquina	A	Baja presión de la bomba, Manguera obstruida y Fuga de aceite	1	Obstrucción en el filtro de aceite, Contaminación y Doblez de la manguera	Imposibilita funcionamiento	Falta de lubricación, falta de control de limpieza y superó su tiempo de vida Útil,	8	5	7	280	Inaceptable
Sistema eléctrico	1	Genera la energía para el funcionamiento de la Extrusora	B	Falla en la conexión	1	Sobrecarga eléctrica	Falla en el suministro de energía	Sulfatación de los contactos de la bobina, falta de control de limpieza y falta de lubricación	8	4	7	224	Inaceptable
Sistema neumático	1	Permite reducir el volumen del aire, de modo que se aumenta la presión	B	Restricción del paso del aire e Incorrecta señalización de presión	2	La bobina no genera campo magnético y Descalibración del manómetro	Imposibilita movimiento en la extrusora y Distorsión en la medida de la presión	Supero su tiempo de vida útil, falta de control de limpieza y falta de lubricación	8	4	7	224	Inaceptable
Sistema de alineación	1	Permite reducir las vibraciones de los ejes y tornillos en la maquinaria,	C	Exceso de vibraciones	3	Desajuste de poleas	Mala sujeción del material	Supero su tiempo de vida útil, falta de inspección y falta de lubricación	8	5	7	280	Inaceptable

Fuente: Cerámicos del Sol SAC

Anexo 30. AMEF correctiva de la máquina Extrusora

Nombre de máquina: Extrusora		Realizado por: Georges Gerard Bache Vega			Nº de AMEF:1		Pág. Nº: 2 de 2			
Función: Prensar, fusionar, moldear, presionar y empujar el molde nuevo de ladrillo,				Aprobado por:		Condiciones existentes				
Componente	M F	Modo falla	Causa de falla	Acciones correctivas	Responsable	G	O	D	NPR	Nuevo estado
Sistema de lubricación	1	Obstrucción en el filtro de aceite, Contaminación y Doble de la manguera	Falta de lubricación, falta de control de limpieza y superó su tiempo de vida Útil,	- Inspección del filtro de aceite - Revisión de mangueras - Limpieza de la bomba de aceite	Mecánico	7	1	6	42	Aceptable
Sistema eléctrico	1	Sobrecarga eléctrica	Sulfatación de los contactos de la bobina, falta de control de limpieza y falta de lubricación	-Inspección del montaje del sistema eléctrico	Electricista	7	1	6	42	Aceptable
Sistema neumático	2	La bobina no genera campo magnético y Descalibración del manómetro	Supero su tiempo de vida útil, falta de control de limpieza y falta de lubricación	-Inspección de electroválvulas -Limpiar y lubricar la rutina completamente - Inspección del manómetro	Mecánico	7	1	6	42	Aceptable
Sistema de alineación	3	Desajuste de poleas	Supero su tiempo de vida útil, falta de inspección y falta de lubricación	-Limpiar y lubricar la rutina completamente -Cambiar poleas	Mecánico	7	1	6	42	Aceptable

Fuente: Cerámicos del Sol SAC

Anexo 31. Análisis de modo efecto falla (AMEF) realizado en la máquina Cortadora

Nombre de máquina: Cortadora		Realizado por: Georges Gerard Bache Vega						Nº de AMEF: 1	Pág. Nº: 1 de 2				
Función: Cortar diferentes tamaños de planchas que salen de la extrusora,		Aprobado por:						Condiciones existentes					
Componente	F	Función	F F	Falla de Función	M F	Modo falla	Efectos del modo falla	Causa Potencial	G	O	D	NPR	Nuevo estado
Sistema de funcionamiento	1	Cortar planchas	A	Cortes imprecisos y Lento proceso de corte	1	Mala calibración Alambre de acero	Disminución de la calidad y Lento proceso de corte	Supero su tiempo de vida útil, falta de inspección y falta de lubricación,	8	5	8	320	Inaceptable
Sistema hidráulico	1	Funcionamiento del motor	B	Válvula obstruida	1	Precipitación de aceite en el canal	Mal funcionamiento del motor	Falta de lubricación, falta de control de limpieza y superó su tiempo de vida Útil,	8	4	8	256	Inaceptable
Sistema de lubricación	1	Funcionamiento de la bomba de aceite y Alargar la vida útil del motor	B	Excesivo ruido de la bomba y desgaste de las piezas de motor	2	Baja viscosidad del aceite y Bajo nivel de aceite	Reducción del flujo, presión y aumento de uso de energía eléctrica	Supero su tiempo de vida útil, falta de control de limpieza y falta de lubricación	8	4	8	256	Inaceptable
Sistema eléctrico	1	Prender y apagar la cortadora	C	Existen problemas en el prendido/apagado	3	Falla en la conexión de circuitos	Paros inesperados de la producción	Sulfatación de los contactos de la bobina, falta de control de limpieza y falta de lubricación	7	5	8	280	Inaceptable

Fuente: Cerámicos del Sol SAC

Anexo 32. AMEF correctiva de la máquina Cortadora

Nombre de máquina: Cortadora		Realizado por: Georges Gerard Bache Vega			N° de AMEF:1		Pág. N°: 2 de 2			
Función: Cortar diferentes tamaños de planchas que salen de la extrusora,				Aprobado por:			Condiciones existentes			
Componente	M F	Modo falla	Causa de falla	Acciones correctivas	Responsable	G	O	D	NPR	Nuevo estado
Sistema de funcionamiento	1	Mala calibración Alambre de acero	Supero su tiempo de vida útil, falta de inspección y falta de lubricación,	- Calibrar el Alambre de acero - Revisión de fugas de aceite en la bomba	Mecánico	7	1	6	42	Aceptable
Sistema hidráulico	1	Precipitación de aceite en el canal	Falta de lubricación, falta de control de limpieza y superó su tiempo de vida Útil,	-Limpieza de la válvula	Electricista	7	1	6	42	Aceptable
Sistema de lubricación	2	Baja viscosidad del aceite y Bajo nivel de aceite	Supero su tiempo de vida útil, falta de control de limpieza y falta de lubricación	-Cambiar el aceite -Revisión del nivel de aceite en el motor	Mecánico	7	1	6	42	Aceptable
Sistema eléctrico	3	Falla en la conexión de circuitos	Sulfatación de los contactos de la bobina, falta de control de limpieza y falta de lubricación	-Limpieza y ajuste de las conexiones eléctricas	Mecánico	7	1	6	42	Aceptable

Fuente: Cerámicos del Sol SAC

Anexo 33. Análisis de modo efecto falla (AMEF) realizado en la máquina Molino

Nombre de máquina: Molino				Realizado por: Georges Gerard Bache Vega				Nº de AMEF:1		Pág. Nº: 1 de 2			
Función: Mezcla la MP				Aprobado por:				Condiciones existentes					
Componente	F	Función	F F	Falla de Función	M F	Modo falla	Efectos del modo falla	Causa Potencial	G	O	D	NPR	Nuevo estado
Eje de Molino	1	Transmitir fuerzas y movimientos a la chumacera	A	Movimientos lentos y fuertes sonidos	1	Desgaste de eje	La capacidad de la máquina se reduce	Falta de lubricación, falta de control de limpieza y superó su tiempo de vida Útil,	9	5	7	315	Inaceptable
Correa de transmisión	1	Transmitir movimiento de rotación entre las poleas	B	Incapacidad de producir movimiento	1	Desgaste de correa de transmisión	La capacidad de la máquina se reduce	Supero su tiempo de vida útil, falta de control de limpieza y falta de lubricación	9	4	7	252	Inaceptable
Chumacera	1	Permite rotación	C	Incapacidad de producir movimiento	2	Desgaste de rodamientos	La capacidad de la máquina se reduce	Supero su tiempo de vida útil, falta de control de limpieza y falta de lubricación	9	4	7	252	Inaceptable
Poleas	1	Permite el movimiento del molino	C	Incapacidad de producir movimiento	3	Desbalance de poleas	La capacidad de la máquina se reduce	Supero su tiempo de vida útil, falta de inspección y falta de lubricación	9	5	7	315	Inaceptable
Cribas	1	Limpia la MP	E	No pasan las impurezas	4	Desgaste de cribas	Deficiencia de limpieza de la MP	Supero su tiempo de vida útil, falta de lubricación y falta de control de limpieza	9	4	7	252	Inaceptable
Motor	1	Permite el movimiento de las poleas	E	Incapacidad de producir movimiento	5	Rodamientos en mal estado	Limita la función del motor eléctrico	Desalineación de los ejes y falta de lubricación	9	5	7	315	Inaceptable

Fuente: Cerámicos del Sol SAC

Anexo 34. AMEF correctiva de la máquina Molino

Nombre de máquina: Molino		Realizado por: Georges Gerard Bache Vega				N° de AMEF:1		Pág. N°: 2 de 2		
Función: Mezcla la MP		Aprobado por:				Condiciones existentes				
Componente	M F	Modo falla	Causa de falla	Acciones correctivas	Responsable	G	O	D	NPR	Nuevo estado
Eje de Molino	1	Desgaste de eje	Falta de lubricación, falta de control de limpieza y superó su tiempo de vida Útil,	-Limpiar y lubricar la rutina completamente - Cambiar eje	Mecánico	7	1	6	42	Aceptable
Correa de transmisión	1	Desgaste de correa de transmisión	Supero su tiempo de vida útil, falta de control de limpieza y falta de lubricación	-Cambiar correa de transmisión -Limpiar y lubricar la rutina completamente	Mecánico	7	1	6	42	Aceptable
Chumacera	2	Desgaste de rodamientos	Supero su tiempo de vida útil, falta de control de limpieza y falta de lubricación	-Limpiar y lubricar la rutina completamente - Cambiar rodamientos	Mecánico	7	1	6	42	Aceptable
Poleas	3	Desbalance de poleas	Supero su tiempo de vida útil, falta de inspección y falta de lubricación	-Limpiar y lubricar la rutina completamente -Cambiar poleas	Mecánico	7	1	6	42	Aceptable
Cribas	4	Desgaste de cribas	Supero su tiempo de vida útil, falta de lubricación y falta de control de limpieza	-Limpiar y lubricar la rutina completamente -Cambiar cribas	Mecánico	7	1	6	42	Aceptable
Motor	5	Rodamiento os en mal estado	Desalineación de los ejes y falta de lubricación	-Alineación de ejes -Limpiar y lubricar rodamientos	Electricista	7	1	6	42	Aceptable

Fuente: Cerámicos del Sol SAC

Anexo 35. Resultado de la hoja de decisión de la máquina Amasadora

Hoja de decisiones RCM															
Área: Producción							Máquina: Amasadora								
Referencias de información							H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							O1	O2	O3						
							N1	N2	N3						
1	A	1	S	N	N	S	S	N	N				Limpiar y lubricar eje de motor	Mensual	Mecánico
1	A	2	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar el eje del motor	Anual	Mecánico
1	B	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar rodamientos	15 meses	Mecánico
1	B	2	S	N	N	S	S	N	N				Limpiar y lubricar chumacera	2 meses	Mecánico
1	C	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar correa de transmisión	18 meses	Mecánico
1	C	2	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar poleas de la correa de transmisión	6 meses	Mecánico
1	C	3	S	N	N	S	N	S	N				Alinear poleas de la correa de transmisión	Mensual	Mecánico
1	D	1	S	N	N	S	S	N	N				Limpiar y barnizar estator	2 meses	Electricista
1	D	2	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar el estator	Anual	Electricista
1	E	1	S	N	N	S	S	N	N				Limpiar y lubricar cribas	Mensual	Mecánico
1	E	2	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar cribas	16 meses	Mecánico

Fuente: Cerámicos del Sol SAC

Anexo 36. Determinación de frecuencia de tareas de mantenimiento para la máquina Amasadora

Tarea propuesta	Manual o guías/ sugerencia	MD I	MTTF (h)	h/día	Período
Limpiar y lubricar eje de motor	Coordinación con el jefe de producción	-	-	-	Mensual
Cambiar el eje del motor	Coordinación con el jefe de producción	-	-	-	Anual
Cambiar rodamientos	Manual de mantenimiento	-	-	-	14 meses
Limpiar y lubricar chumacera	Coordinación con el jefe de producción	-	-	-	2 meses
Cambiar correa de transmisión	Manual de elementos de máquinas	-	-	-	16 meses
Cambiar poleas de la correa de trasmisión	Coordinación con el jefe de producción	-	-	-	5 meses
Alinear poleas de la correa de trasmisión	-	2,2	256,2	8	Mensual
Limpiar y barnizar estator	Coordinación con el jefe de producción	-	-	-	2 meses
Cambiar el estator	Coordinación con el jefe de producción	-	-	-	Anual
Limpiar y lubricar cribas	Coordinación con el jefe de producción	-	-	-	Mensual
Cambiar cribas	Coordinación con el jefe de producción	-	-	-	15 meses

Fuente: Cerámicos del Sol SAC

Anexo 37. Resultado de la hoja de decisión de la máquina Extrusora

Hoja de decisiones RCM															
Área: Producción							Máquina: Extrusora								
Referencias de información							H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							O1	O2	O3						
							N1	N2	N3						
1	A	1	S	N	S	N	N	S	N				Inspección y limpieza del filtro de aceite	Semestral	Mecánico
1	A	2	N	N	S	N	N	S	N				Limpieza de la bomba de aceite	Semestral	Mecánico
1	B	1	N	N	S	N	S	N	N				Revisión de mangueras	Semestral	Mecánico
1	C	1	S	N	S	N	N	S	N				Inspección y limpieza del tanque de aceite	Semestral	Mecánico
1	A	1	S	N	S	N	N	S	N				Inspección y limpieza del montaje del sistema eléctrico	Mensual	Electricista
1	A	1	N	S	S	N	N	S	N				Inspección y limpieza de electroválvulas	3 veces al año	Mecánico
1	A	2	S	N	S	N	S	S	N				Inspección y calibración del manómetro	Semestral	Mecánico
1	A	1	S	N	S	N	N	S	N				Inspección y calibración de poleas	Mensual	Mecánico

Fuente: Cerámicos del Sol SAC

Anexo 38. Determinación de frecuencia de tareas de mantenimiento para la máquina Extrusora

Tarea propuesta	Manual o guías/ sugerencia	MD I	MTTF (h)	h/día	Período
Inspección del filtro de aceite	Coordinación con el jefe de producción	-	-	-	Semestral
Limpieza de la bomba de aceite	Coordinación con el jefe de producción	-	-	-	Semestral
Revisión de mangueras	Manual de mantenimiento	-	-	-	Semestral
Inspección del tanque de aceite	Coordinación con el jefe de producción	-	-	-	Semestral
Inspección del montaje del sistema eléctrico	Manual de elementos de máquinas	-	-	-	Mensual
Inspección de electroválvulas	Coordinación con el jefe de producción	-	-	-	3 veces al año
Inspección del manómetro	-	-	-	-	Semestral
Inspección de poleas	Coordinación con el jefe de producción	-	-	-	Mensual

Fuente: Cerámicos del Sol SAC

Anexo 39. Resultado de la hoja de decisión de la máquina Cortadora

Hoja de decisiones RCM															
Área: Producción							Máquina: Cortadora								
Referencias de información							H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							O1	O2	O3						
							N1	N2	N3						
1	A	1	S	N	S	N	N	S	N				Calibrar el Alambre de acero	Anual	Mecánico
1	B	1	S	N	S	N	N	S	N				Revisión de fugas de aceite en la bomba	Semestral	Mecánico
1	A	1	S	N	S	N	S	N	N				Limpieza de la válvula	Mensual	Mecánico
1	A	1	N	S	S	N	N	N	S				Cambiar el aceite	Mensual	Mecánico
2	A	1	S	N	S	N	N	S	N				Revisión del nivel de aceite en el motor	Semestral	Mecánico
1	A	1	S	N	S	N	S	S	N				Limpieza y ajuste de las conexiones eléctricas	Semestral	Electricista

Fuente: Cerámicos del Sol SAC

Anexo 40. Determinación de frecuencia de tareas de mantenimiento para la máquina Cortadora

Tarea propuesta	Manual o guías/ sugerencia	MD T	MTTF (h)	h/día	Periodo
Calibrar el Alambre de acero	Coordinación con el jefe de producción	-	-	-	Anual
Revisión de fugas de aceite en la bomba	Coordinación con el jefe de producción	-	-	-	Semestral
Limpieza de la válvula	Manual de mantenimiento	-	-	-	Mensual
Cambiar el aceite	Coordinación con el jefe de producción	-	-	-	Mensual
Revisión del nivel de aceite en el motor	Manual de elementos de máquinas	-	-	-	Semestral
Limpieza y ajuste de las conexiones eléctricas	Coordinación con el jefe de producción	-	-	-	Semestral

Fuente: Cerámicos del Sol SAC

Anexo 41. Resultado de la hoja de decisión de la máquina Molino

Hoja de decisiones RCM															
Área: Producción							Máquina: Molino								
F	Referencias de información						H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							O1	O2	O3						
							N1	N2	N3						
1	A	1	S	N	N	S	S	N	N				Limpiar y lubricar eje de motor	Mensual	Mecánico
1	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar el eje del motor	Anual	Mecánico
1	B	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar rodamientos	15 meses	Mecánico
1	B	1	S	N	N	S	S	N	N				Limpiar y lubricar chumacera	2 meses	Mecánico
1	C	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar correa de transmisión	18 meses	Mecánico
1	C	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar poleas de la correa de transmisión	6 meses	Mecánico
1	C	1	S	N	N	S	N	S	N				Alinear poleas de la correa de transmisión	Mensual	Mecánico
1	D	1	S	N	N	S	S	N	N				Alinear ejes del motor	Mensual	Electricista
1	D	1	S	N	N	S	N	N	S				Limpiar y lubricar rodamientos del motor	Anual	Electricista
1	E	1	S	N	N	S	S	N	N				Limpiar y lubricar cribas	Mensual	Mecánico
1	E	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar cribas	16 meses	Mecánico

Fuente: Cerámicos del Sol SAC

Anexo 42. Determinación de frecuencia de tareas de mantenimiento para la máquina Molino

Tarea propuesta	Manual o guías/ sugerencia	MD T	MTTF (h)	h/día	Periodo
Limpiar y lubricar eje de motor	Coordinación con el jefe de producción	-	-	-	Mensual
Cambiar el eje del motor	Coordinación con el jefe de producción	-	-	-	Anual
Cambiar rodamientos	Manual de mantenimiento	-	-	-	14 meses
Limpiar y lubricar chumacera	Coordinación con el jefe de producción	-	-	-	2 meses
Cambiar correa de transmisión	Manual de elementos de máquinas	-	-	-	16 meses
Cambiar poleas de la correa de transmisión	Coordinación con el jefe de producción	-	-	-	5 meses
Alinear poleas de la correa de transmisión	-	2,2	256,2	8	Mensual
Alinear ejes del motor	Coordinación con el jefe de producción	-	-	-	2 meses
Limpiar y lubricar rodamientos del motor	Coordinación con el jefe de producción	-	-	-	Mensual
Limpiar y lubricar cribas	Coordinación con el jefe de producción	-	-	-	Mensual
Cambiar cribas	Coordinación con el jefe de producción	-	-	-	15 meses

Fuente: Cerámicos del Sol SAC

Anexo 43. Plan de mantenimiento para la máquina Amasadora

Componente	Actividad	Descripción de la actividad	Material y/o Herramienta	Periodo	Personal requerido	Estado de máquina	Tiempo requerido
Eje del motor	Limpieza y lubricación	Limpiar y lubricar completamente	Grasa de litio multiusos EP-2 roja Eje de 5 mm, Graseira manual y trapo industrial, Llave N°17 y llave	Mensual	Mecánico	Apagado	1 h
	Cambio	Cambio por un nuevo eje	N°22	Anual	Mecánico	Apagado	1 h
Chumacera	Cambio	Cambio por un nuevo rodamiento	Rodamiento de bolas 6317 b, Llave Stilson llave francesa, Comba, Desarmador plano y Cíncel, Vibrómetro,	14 meses	Mecánico	Apagado	1h
Correa de transmisión	Limpieza y lubricación	Limpiar y lubricar completamente	Grasa de litio multiusos EP-2 roja, Graseira manual y trapo industrial	2 meses	Mecánico	Apagado	0,75 h
	Cambio de correa	Reemplazar por una nueva correa	Correa trapecial Perfil clásico lisa C79 y C59, Polea CILA 059 y 079, Llave Stilson llave francesa, Comba,	16 Meses	Mecánico	Apagado	1h
	Cambio de polea	Reemplazar por una nueva polea	Desarmador plano y Cíncel, Vibrómetro,	5 meses	Mecánico	Apagado	1h
Estator	Alineación	Alinear poleas	Juego de llave Thor, Comba, Martillo, Wincha y un tope o regla	Mensual	Mecánico	Apagado	0,5
	Limpiar y barnizar	Desmontar y limpiar estator	Barniz industrial Estator 3kw 20 v, Trapo industrial, Destornillador estrella y plano, Alicata de corte, Alicata de punta, Cinta 3M, Precintos, Juego de perilleros, Piloto de corriente alterna, Multitester, Esquema eléctrico y Zapatos dieléctricos	2 meses	Electricista	Apagado	1h
	Cambio	Reemplazar por un nuevo estator		Anual	Electricista	Apagado	1 h
Cribas	Limpieza y lubricación	Limpiar y lubricar completamente	Grasa de litio multiusos EP-2 Roja, Graseira manual y trapo industrial Criba METSO, Dado N°10 y N°12, T 10, Destornillador estrella y plano, llave Stilson y francesa,	Mensual	Mecánico	Apagado	1h
	Cambio	Cambiar por una nueva criba	Escalera tipo tijera, Guantes de mecánica y Zapatos punta de acero,	15 Meses	Mecánico	Apagado	1h

Fuente: Cerámicos del Sol SAC

Componente	Actividad	Descripción de la actividad	Material y/o Herramienta	Periodo	Personal requerido	Estado de máquina	Tiempo requerido
Filtro de aceite	Inspección del filtro de aceite	Se requiere revisar y realizar una limpieza del filtro que sea efectivo, dejándolo secar después de haberlo lavado y aplicándole una capa de aceite,	Bencina y Carter EP 220 (aceite engranaje)	Semestral	Mecánico	Apagado	2 h
Manguera	Cambio de manguera	Se necesita verificar el estado actual de las mangueras, identificando los puntos de obstrucción causados por el doblado de este componente y realizar el respectivo cambio,	Alicates de abrazadera para manguera, trapo industrial	Anual	Mecánico	Apagado	1 h
Tanque de aceite	Inspección de la instalación del tanque de aceite	Verificar el estado del tanque y posibles fugas del aceite, además de limpiar los compartimientos donde se filtran partículas contaminantes,	Trapo industrial, desengrasante DISOLV-10,	3 veces al año	Mecánico	Apagado	3 h
Sistema eléctrico	Inspección del montaje del sistema eléctrico	Se debe verificar la conexión en el sistema, que implica el correcto contacto de las tres líneas y el neutro, Además, de verificar el voltaje en la entrada del contactor,	Guantes aislantes, voltímetro, pinza amperimétrica,	Mensual	Electricista	Apagado	8 h
Electroválvula	Inspección de electroválvula	Se examina el voltaje de operación, como también el correcto rango de operación y en caso de que exista fallas físicas se procede al cambio de la bobina,	cámara termográfica, guantes aislantes	3 veces al año	Mecánico	Apagado	3 h
manómetro	Verificar el manómetro	Verificación de la correcta señalización de presión, y su correcta calibración,	Calibrador de procesos documentador, módulos de presión, juego de mangueras	Semestral	Mecánico	Apagado	2 h
Poleas	Inspección de Poleas	Se examina que la posición del plato este alineado a lo que refiere del torno, en caso contrario se debe dar una sujeción de este,	Desengrasante DISOLV-10, y un trapo industrial	Mensual	Mecánico	Apagado	9 h

Anexo 45. Plan de mantenimiento para la máquina Extrusora

Fuente: Cerámicos del Sol SAC

Anexo 49. Plan de mantenimiento para la máquina Molino

Componente	Actividad	Descripción de la actividad	Material y/o Herramienta	Periodo	Personal requerido	Estado de máquina	Tiempo requerido
Eje de Molino	Limpieza y lubricación	Limpiar y lubricar completamente	Grasa de litio multiusos EP-2 roja, Grasea manual y trapo industrial	Mensual	Mecánico	Apagado	1 h
	Cambio	Cambio por un nuevo eje	Eje de 10 mm, Llave N°17 y llave N°22	Anual	Mecánico	Apagado	1 h
Chumacera	Cambio	Cambio por un nuevo rodamiento	Rodamiento de bolas 6317 b, Llave Stilson llave francesa, Comba, Desarmador plano y Cincel,	14 meses	Mecánico	Apagado	1 h
	Limpieza y lubricación	Limpiar y lubricar completamente	Grasa de litio multiusos EP-2 roja, Grasea manual y trapo industrial	2 meses	Mecánico	Apagado	0,75 h
Correa de transmisión	Cambio	Reemplazar por una nueva correas	Correa trapecial Perfil clásico lisa C79 y C59, Llave Stilson llave francesa, Comba, Desarmador plano y Cincel,	16 meses	Mecánico	Apagado	1 h
	Cambio	Reemplazar por una nueva polea	Polea CILA 059 y 079, Llave Stilson llave francesa, Comba, Desarmador plano y Cincel,	5 meses	Mecánico	Apagado	1 h
	Alineación	Alinear poleas	Juego de llave Thor, Comba, Martillo, Wincha y un tope o regla	Mensual	Mecánico	Apagado	0,5 h
Motor	Alineación	Alinear ejes	Destornillador, llave 22, dado 16, 22, 26, alicata, pata de cabra, equipo oxicorte, soldadura, pico, comba, hexagonales, Vibrómetro	2 meses	Electricista	Apagado	1 h

	Limpieza y lubricación de rodamientos	Limpiar y lubricar completamente	Grasa de litio multiusos EP-2 roja, Grasera manual y trapo industrial	Mensual	Electricista	Apagado	1 h
	Limpieza y lubricación	Limpiar y lubricar completamente	Grasa de litio multiusos EP-2 Roja, Grasera manual y trapo industrial	Mensual	Mecánico	Apagado	1 h
Cribas	Cambio	Cambiar por una nueva criba	Criba METSO, Dado N°10 y N°12, T 10, Destornillador estrella y plano, llave Stilson y francesa, Escalera tipo tijera, Guantes de mecánica y Zapatos punta de acero	15 meses	Mecánico	Apagado	1 h

Fuente: Cerámicos del Sol SAC

Anexo 51. Determinación del tiempo total de mantenimiento preventivo

Máquina	Componente	Descripción actividad	Tiempo requerido (h)	Nº intervenciones	Tiempo anual (h)
Eje del motor		Limpiar y lubricar completamente	0,5	6	3
Chumacera		Cambio por un nuevo rodamiento	1	3	3
Amasadora	Correa de transmisión	Reemplazar por una nueva correa	1	3	3
	Estator	Desmontar y limpiar estator	0,5	6	3
		Reemplazar por un nuevo estator	0,5	3	1,5
	Filtro de aceite	Limpiar y lubricar	1	6	6
Extrusora	Manguera	Cambio de	1	3	3
	Cortador	Calibrar el Alambre de acero	0,5	6	3
Cortadora	Bomba de lubricación	Limpiar y lubricar	1	6	6
	Eje de Molino	Limpiar y lubricar completamente	0,5	6	3
		Cambio por un nuevo eje	1	3	3
Molino	Chumacera	Cambio por un nuevo rodamiento	1	3	3
	Correa de transmisión	Reemplazar por una nueva correa	1	3	3
Total				57	43,5

Fuente: Cerámicos del Sol SAC

Anexo 52. Costo anual de materiales para el mantenimiento

Costo de materiales	Costo por unidad (S//und)	Cantidad	Subtotal
Grasa de litio multiusos EP-2 roja (435 gr)	14	5	70
Rodamiento de bolas 6317 b	270	2	540
Trapo industrial	8.9	14	124.6
Correa trapecial Perfil clásico lisa C79	200	2	400
Correa trapecial Perfil clásico lisa C59	80	2	160
Polea CILA 059	60	2	120
Polea CILA 079	40	2	80
Barniz industrial 1/4 g	41.9	2	83.8
Cinta 3M	40	2	80
Estator 3kW 20V	1350	1	1350
Precintos (100 unidades)	25	2	50
Juego de perilleros	80	5	400
Piloto de corriente alterna	180	2	360
Grasera manual	46.9	2	93.8
Dado N°10	10.9	2	21.8
Dado N°12	11.9	2	23.8
Guantes de mecánica	32.5	3	97.5
Zapatos punta de acero	50	3	150
Carter EP 220 (aceite engranaje)	10	2	20
Bencina	9.9	1	9.9
Desengrasante DISOLV-10 (1L)	100	4	400
cámara termográfica	2500	1	2500
Guantes aislantes	150	3	450
Calibrador de procesos documentador	2000	1	2000
Juego de mangueras	150	1	150
Hidrolina azolla	140	1	140
Eje de 10 mm	105	2	210
Dado N°16	8	1	8
Dado N°22	16.9	3	50.7
Dado N°26	18.9	1	18.9
TOTAL			10162.8

Fuente: PROMART S.A / SODIMAC

Anexo 53. Costo anual de herramientas para el mantenimiento

Costo de herramienta	Costo por unidad (S//und)	Cantidad	Subtotal
Llave N°17	2	12.9	25.8
Llave N°22	2	26.9	53.8
Llave Stilson	2	30.9	61.8
Llave francesa 250mm Dexter	2	55.9	111.8
Comba 1 KG	1	53.9	53.9
Desarmador plano aislado 5.5*125mm	5	15.9	79.5
Vibrómetro	1	360	360
Cinzel Plus Punta Acero 250mm Eco	2	17.9	35.8
Jgo llaves Torx 8p Bahco	1	158.9	158.9
Wincha	1	15.9	15.9
Alicate de corte	1	31.9	31.9
Alicate de punta	1	35.9	35.9
Multitester	1	67	67
Escalera tijera aluminio 05 pasos	1	306	306
Alicate de abrazadera para manguera	1	40	40
Voltímetro	1	27.5	27.5
Pinza Amperimétrica Industrial Truper	1	149.9	149.9
Pata de cabra 3/4 x 30 Major	1	20.9	20.9
Equipo oxicorte	1	1,307.20	1307.2
Pico Construcción 5" Mango 90cm	1	90	90
Soldadora Inversora 130A lentes automáticos	1	247.9	247.9
Juego de Llaves Hexagonales Piezas Tramontina PRO	8 ₁	32.4	32.4
TOTAL			3313.8

Fuente: PROMART S.A./SODIMAC

Anexo 54. Programa de Especialización de Gestión del Mantenimiento

SESIONES	TEMAS	TIEMPO	FECHA
14 sesiones	Gestión de Mantenimiento Ingeniería de Confiability Gestión de Proyectos en Mantenimiento Gestión de Personas en Mantenimiento	64 horas de académicas (3 meses) - lunes y miércoles de 7:00 pm a 10:30 pm	Septiembre

Fuente: CENTRUM PUCP

Anexo 55. Costo del sistema de gestión de mantenimiento

Descripción del costo	Costo por unidad (S//und)	Cantidad	Subtotal (S/)
Especialización en GM	4 000	1	4 000
Laptop	2 500	1	2 500
Impresora	600	1	600
Materiales de escritorio (lapiceros, tinta, papel bond, etc.)	300	1	300
Archivador de documentos	8	7	56
TOTAL			7 456

Fuente: Cerámicos del Sol SAC

Anexo 56. Costo anual de mano de obra del personal de mantenimiento

Puesto	Cantidad	Sueldo mensual	Asignación familiar	Gratificación	CTS	Costo Anual
Jefe de mantenimiento	1	1 800	95	3 600	1 895	28 990
Técnico Mecánico	1	1 300	95	2 600	1 395	20 990
Técnico Electricista	1	1 300	95	2 600	1 395	20 990
TOTAL						70 970

Fuente: Cerámicos del Sol SAC

Anexo 57. Resumen de inversión total de plan de mantenimiento

Descripción	Subtotal (S/.)
Costo de materiales	10 162,80
Costo de herramientas	3 313,80
Costo de gestión	7 456,00
Costo de mano de obra	70 970,00
TOTAL	91 902,60

Fuente: Cerámicos del Sol SAC

Anexo 58. Producción mensual después de la mejora

Mes	H. Improductivas (MC) (h)	H. Improductivas (MP) (h)	Tiempo total (h)	Tiempo programa do (h)	Tiempo aprovechado (h)	Producción (ladrillos/hora)	Nueva producción
Enero	8,55	5,57	14,12	208	193,88	6 500	1 260 220
Febrero	8,53	5,54	14,07	208	193,93	6 500	1 260 545
Marzo	8,56	5,56	14,12	208	193,88	6 500	1 260 220
Abril	8,53	5,53	14,06	208	193,94	6 500	1 260 610
Mayo	8,54	5,55	14,09	208	193,91	6 500	1 260 415
Junio	8,47	5,54	14,01	208	193,99	6 500	1 260 935
Julio	8,57	5,55	14,12	208	193,88	6 500	1 260 220
Agosto	8,58	5,58	14,16	208	193,84	6 500	1 259 960
Setiembre	8,55	5,57	14,12	208	193,88	6 500	1 260 220
Octubre	8,59	5,55	14,14	208	193,86	6 500	1 260 090
Noviembre	8,54	5,56	14,10	208	193,90	6 500	1 260 350
Diciembre	8,54	5,52	14,06	208	193,94	6 500	1 260 610
Total	102,6	66,62	169,17	2 496,00	2 326,83		15 124 395

Fuente: Cerámicos del Sol SAC

Anexo 59. Beneficios monetarios de la reducción del tiempo de mano de obra inoperativa

Mes	Tiempo inactivo antes de la mejora	Tiempo inactivo después de la mejora	Tiempo inactivo que no se pagará después de la mejora	Costo de M.O. (op.h)	N° de operarios implicados	Beneficio
Enero	18	14,12	3,88	5,8	10	225,04
Febrero	22	14,07	7,93	5,8	10	459,94
Marzo	17	14,12	2,88	5,8	10	167,04
Abril	19	14,06	4,94	5,8	10	286,52
Mayo	21	14,09	6,91	5,8	10	400,78
Junio	20	14,01	5,99	5,8	10	347,42
Julio	21	14,12	6,88	5,8	10	399,04
Agosto	22	14,16	7,84	5,8	10	454,72
Setiembre	19	14,12	4,88	5,8	10	283,04
Octubre	22	14,14	7,86	5,8	10	455,88
Noviembre	21	14,1	6,9	5,8	10	400,2
Diciembre	18	14,06	3,94	5,8	10	228,52
Total	240	169,17	70,83	5,8	10	4 108,14

Fuente: Cerámicos del Sol SAC

Anexo 60. Beneficios monetarios anuales después de la mejora

Beneficio monetario	Subtotal (S/.)
Utilidades percibidas después de la mejora	96 987,78
Reducción de tiempo de M.O inoperativa	4 108,14
TOTAL	101 095,92

Fuente: Cerámicos del Sol SAC