



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA CERAMICOS CAJAMARCA S.R.L.”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autores:

Bach. Castillo Chávez, Andy Jhoel

Bach. Marcelo Alcantara, Jean Pierre

Asesor:

Mg. Ing. Elmer Aguilar Briones

Cajamarca - Perú

2020

DEDICATORIA

Dedico la presente investigación a toda mi familia y aquellas personas quienes siempre estuvieron dándome fuerzas para seguir adelante en mi carrera y como profesional; por su apoyo, consejos, comprensión, amor y la ayuda en los momentos difíciles. Por darme todo lo que soy como persona: valores, principios, carácter, perseverancia, y coraje quienes fueron la fuerza fundamental para lograr mis objetivos.

Andy Castillo Chávez

Dedico la presente investigación a Dios, mis padres, hermanos, Estefani, mi hija y todas las personas que hicieron posible el cumplimiento de esta meta tanto económica como emocionalmente, agradecerles por todo el apoyo brindado y reiterar mi eterno agradecimiento.

Jean Pierre Marcelo Alcántara

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser el motor de nuestras vidas y guiarnos por el buen camino para cumplir con nuestra meta de ser profesionales reconocidos en el medio laboral.

A la empresa Cerámicos Cajamarca S.R.L por permitir realizar el estudio dentro de sus instalaciones, los diferentes métodos de observación durante el proceso de realización del trabajo de investigación

A todos los docentes de la Universidad Privada del Norte, por fortalecer nuestros conocimientos durante el proceso de aprendizaje de nuestra carrera profesional.

LOS AUTORES

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	6
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	7
RESUMEN.....	8
SUMMARY.....	9
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	10
1.1. Realidad Problemática.....	10
1.2. Formulación del problema.....	12
1.3. Objetivos.....	12
1.3.1. <i>Objetivo General</i>	12
1.3.2. <i>Objetivos Específicos</i>	13
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA.....	14
2.1. Tipo de Investigación.....	14
2.2. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos.....	14
2.1.1. <i>Técnicas de recolección de información</i>	14
2.1.2. <i>Instrumentos de Recolección de Datos</i>	15
2.1.3. <i>Técnicas de Procesamiento de información</i>	16
2.2. Procedimientos.....	17
CAPÍTULO 3. RESULTADOS.....	24
3.1. Resultados del diagnóstico situacional de la empresa.....	24
3.1.1. <i>Datos Generales de la Empresa</i>	24
3.2. Resultados del diagnóstico del Área de Estudio.....	29
3.2.1. <i>Pasos del Diagnostico</i>	29
3.3. Diseño del Plan de Mantenimiento Productivo.....	54
3.3.1. <i>Fase 1: Preparación</i>	54
3.3.2. <i>Fase 2: Introducción</i>	60
3.3.3. <i>Fase 3: Implantación</i>	60
3.3.4. <i>Fase 4: Estabilización</i>	97
3.4. Económico, Financiero, Beneficio Costo.....	103
4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	110
DISCUSIÓN.....	110
CONCLUSIONES.....	112
REFERENCIAS.....	113
ANEXOS.....	114

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Técnicas de recolección de datos	15
Tabla 2. Instrumentos de recolección de datos	15
Tabla 3. Tabla de Operacionalización (Variable Independiente y dependiente)	22
Tabla 4. Lista de Máquinas, equipos y herramientas	25
Tabla 5. Lista de Proveedores	27
Tabla 6. Productos elaborados por Cerámicos Cajamarca – Ladrillos para pared	27
Tabla 7. Productos elaborados por Cerámicos Cajamarca – Ladrillos para techo.....	28
Tabla 8. Resumen Diagrama de Procesos	33
Tabla 9. Distribución del número de fallas de los equipos	42
Tabla 10. Valoración de Índice de Criticidad	43
Tabla 11. Resultados del análisis de criticidad de equipos.....	44
Tabla 12. Clasificación de equipos según su grado de criticidad	45
Tabla 13. Medición de indicadores (Variable Independiente y dependiente)	52
Tabla 14. Cronograma de charlas informativas para el plan de información introductoria	54
Tabla 15. Grupo encargado del Área de Mantenimiento	55
Tabla 16. Plan de charlas	59
Tabla 17. Ponderación de gravedad	61
Tabla 18. Ponderación de probabilidad	61
Tabla 19. Ponderación de la capacidad de detección.....	62
Tabla 20. Cronograma de capacitaciones de enero a junio	69
Tabla 21. Cronograma de capacitaciones de Julio a diciembre	70
Tabla 22. Cronograma de actividades de Inspección - Extrusora	74
Tabla 23. Cronograma de actividades de Lubricación - Extrusora.....	75
Tabla 24. Cronograma de actividades de Calibración - Extrusora	76
Tabla 25. Cronograma de actividades de Limpieza - Extrusora	77
Tabla 26. Cronograma de actividades de mantenimiento eléctrico - Extrusora.....	78
Tabla 27. Cronograma de actividades de Inspección - Laminadora	80
Tabla 28. Cronograma de actividades de Lubricación - Laminadora	81
Tabla 29. Cronograma de actividades de Calibración - Laminadora.....	82
Tabla 30. Cronograma de actividades de Limpieza - Laminadora	83
Tabla 31. Cronograma de actividades de mantenimiento eléctrico - Laminadora.....	84
Tabla 32. Cronograma de actividades de Inspección - amasadora	86
Tabla 33. Cronograma de actividades de Lubricación - amasadora	87
Tabla 34. Cronograma de actividades de Calibración - amasadora.....	87
Tabla 35. Cronograma de actividades de Limpieza - amasadora	88
Tabla 36. Cronograma de actividades de mantenimiento eléctrico - amasadora.....	88
Tabla 37. Cronograma de actividades de Inspección - desintegradora	90
Tabla 38. Cronograma de actividades de Lubricación - desintegradora	91
Tabla 39. Cronograma de actividades de Calibración - desintegradora	91
Tabla 40. Cronograma de actividades de Limpieza - desintegradora	92
Tabla 41. Cronograma de actividades de mantenimiento eléctrico - desintegradora.....	92
Tabla 42. Cuadro 5S'.....	93
Tabla 43. EPP necesario para el uso de los trabajadores	94
Tabla 44. Descripción de EPP	95
Tabla 45. Análisis de los equipos con mayor grado de criticidad	97
Tabla 46. Medición de indicadores (Variable Independiente y dependiente)	101
Tabla 47. Inversión de Activos Tangibles	103
Tabla 48. Otros gastos	104
Tabla 49. Gastos de personal	104
Tabla 50. Gastos de capacitación	105
Tabla 51. Costos Proyectados.....	106
Tabla 52..Análisis De Los Indicadores	108
Tabla 53. Ingresos Proyectados	108
Tabla 54. Flujo De Caja Neto Proyectado.....	108
Tabla 55. Indicadores de evaluación	109

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Pilares del TPM	17
Figura 2: Procedimiento de la investigación	18
Figura 3: Pasos del diagnostico.....	29
Figura 4: Distribución de la maquinaria.....	30
Figura 5: Diagrama de Proceso Productivo Cerámicos Cajamarca S.R.L	33
Figura 6: Diagrama de Ishikawa - Baja productividad.....	35
Figura 7: Personal de Cerámicos Cajamarca S.R.L.	36
Figura 8: Equipos de Cerámicos Cajamarca S.R.L.	37
Figura 9: Cantera con material para producción	37
Figura 10: Ambiente de Cerámicos Cajamarca S.R.L.	38
Figura 11 Ausencia de procesos de control.....	39
Figura 12: Mapa de Procesos del área de mantenimiento de la empresa Cerámicos Cajamarca S.R.L	40
Figura 13: Frecuencia de fallas de la Extrusora	46
Figura 14: Frecuencia de fallas del Laminador	47
Figura 15: Frecuencia de fallas de la Amasadora.....	47
Figura 16: Frecuencia de fallas del Desintegrador	48
Figura 17: Plan Maestro de la empresa Cerámicos Cajamarca S.R.L.....	57
Figura 18: Análisis modal de fallos y efectos - extrusora	63
Figura 19: Análisis modal de fallos y efectos - laminadora	64
Figura 20: Análisis modal de fallos y efectos - amasadora	65
Figura 21: Análisis modal de fallos y efectos - desintegradora.....	66
Figura 22: Competencias para el desarrollo del trabajo	67
Figura 23: Formato de Check List de Mantenimiento Autónomo	72
Figura 24: Mapa de riesgos de la empresa Cerámicos Cajamarca S.R.L.....	96

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Tiempo promedio entre fallas (MTBF)	49
Ecuación 2: Tiempo promedio en reparación (MTTR).....	49
Ecuación 3: Disponibilidad	50
Ecuación 4: Eficacia.....	50
Ecuación 5: Calidad	50
Ecuación 6: Productividad de mano de obra	51
Ecuación 7 Productividad de la maquinaria	51
Ecuación 8: Tiempo promedio en reparación del sistema (MTTR).....	98
Ecuación 9: Productividad de la maquinaria.....	100

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo diseñar un Plan de Mantenimiento Productivo Total con el fin de incrementar la productividad en la empresa Cerámicos Cajamarca S.R.L. Para comenzar, se utilizó técnicas como la observación directa, entrevistas y análisis de información, como instrumentos de recolección se utilizó un cuestionario no estructurado, Check List y ficha de Diagnostico, las metodologías permitieron procesar la información y de determinar la situación actual de la Gestión de Mantenimiento fueron el diagrama de Ishikawa, diagrama de procesos, diagrama de barras, análisis de los equipos con mayor grado de criticidad y metodología AMFE. Para al diseñar el plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) se consideró el mantenimiento autónomo, planificado (Cronograma de actividad para mantenimiento), calidad (Cronograma de capacitaciones), seguridad y salud (5s). Luego, se procedió a analizar los indicadores independientes donde se determinó que aplicando el plan propuesto el tiempo promedio entre fallas (MTBF) aumento a 36.02 hm/falla, el tiempo promedio en reparación es de 1.26 hm/corrección, la disponibilidad de equipos es de 96.62%, la maquinaria tiene una eficacia de 90.83% y la calidad del producto final es de 95.41%; al analizar la variable independiente se calculó que la empresa produce 5.31 tn/h. Finalmente, mediante la evaluación económica se determinó que la propuesta es viable ya que se obtuvo un COK de 13.55 %, un VAN S/. 60,823.69, un TIR de 38% y un IR de que por cada sol invertido se gana 1.64 soles. Los resultados obtenidos a través de la implementación del TPM, nos llevan afirmar que la implementación del TPM logra mejorar la productividad de la empresa Cerámicos Cajamarca S.R.L.

Palabras clave: TPM, Productividad, Stakeholder, Gestión mantenimiento.

SUMMARY

The objective of this research is to design a Total Productive Maintenance Plan in order to increase productivity in the company Cerámicos Cajamarca S.R.L. To begin, techniques such as direct observation, interviews and information analysis were used, as collection instruments an unstructured questionnaire, Check List and Diagnosis card were used, the methodologies allowed to process the information and to determine the current situation of the Management Maintenance were the Ishikawa diagram, process diagram, bar diagram, analysis of the equipment with the highest degree of criticality and the AMFE methodology. When designing the Total Productive Maintenance (TPM) plan, autonomous, planned maintenance (Maintenance Activity Schedule), quality (Training Schedule), safety and health (5s) were considered. Then, we proceeded to analyze the independent indicators where it was determined that applying the proposed plan the average time between failures (MTBF) increased to 36.02 hm / failure, the average time in repair is 1.26 hm / correction, the availability of equipment is of 96.62%, the machinery has an efficiency of 90.83% and the quality of the final product is 95.41%; When analyzing the independent variable, it was calculated that the company produces 5.21 tn / h. Finally, through the economic evaluation, it was determined that the proposal is viable since a COK of 13.55% was obtained, a VAN S / . 60,823.69, an IRR of 38% and an IR that for each sol invested, 1.64 soles are earned. The results obtained through the implementation of the TPM, lead us to affirm that the implementation of the TPM manages to improve the productivity of the company Cerámicos Cajamarca S.R.L.

Keywords: TPM, Productivity, Stakeholder, Maintenance management.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

Vivimos en un mundo cada vez más industrializado, en donde los avances tecnológicos predominan, la demanda de muchos productos varía constantemente y la competencia entre empresas a nivel nacional e internacional se hace cada vez más fundamental por la lucha de la supremacía en el mercado. Esto conlleva a que las empresas busquen el conocimiento de nuevas técnicas y herramientas para preservar los activos de la misma, con el fin de obtener de ellos un uso más eficiente y al mismo tiempo, disminuir al menor costo posible la labor de mantenimiento que se genere en una empresa, de todo esto dependerá el óptimo rendimiento y la prolongación de la vida útil de una unidad o equipo de producción.

Antes de continuar con la investigación, se deberá tener en claro cuál es el significado de mantenimiento total y producción, “Se entiende por mantenimiento a la función empresarial a la que se encomienda el control del estado de las instalaciones de todo tipo, tanto las productivas como las auxiliares y de servicios. En ese sentido se puede decir que el mantenimiento es el conjunto de acciones necesarias para conservar o restablecer un sistema en un estado que permita garantizar su funcionamiento a un coste mínimo.” (Díaz Navarro, 2004). El concepto de productividad se define como “La proporción entre la cantidad producida de un determinado bien o servicio y los recursos (capital y trabajo) que fueron utilizados en un proceso de producción.” (Fernández Quesada, 1996).

En el Perú, la mayoría de empresas pequeñas y medianas consideran que tienen resueltos sus problemas de mantenimiento, sólo con el empleo de técnicos. No se dan cuenta que es totalmente ignorada la existencia de un sistema de gestión de mantenimiento, por lo que comúnmente se atiende las reparaciones de la maquinaria a última instancia. No existe ninguna planeación ni mucho menos una planificación para la correcta preservación y mantenimiento de los recursos tangibles de la empresa; por lo general, las órdenes de trabajo son elaboradas por el personal de producción, de las cuales muchas veces son llamados erróneamente como programa de mantenimiento.

Claro que no es el caso de todas las empresas, algunas de ellas han empezado a enfocarse mucho más en el concepto de mantenimiento, buscando reducir las incidencias negativas de fallos que pueden entorpecer, o, incluso interrumpir temporal o definitivamente el funcionamiento de los equipos. Las empresas industriales que pertenecen al sector manufactura son un claro ejemplo de ello, dentro de este sector se destacan a las empresas ladrilleras, que se usarán como unidad

de estudio en la investigación, según la Red de Información de productores de ladrillos para el año 2019 existían en el Perú alrededor de 2 249 ladrilleras distribuidas por todo el país, los tipos de ladrillo que tuvieron mayor venta fueron “King Kong”, “Techo” y “Pandereta”, por lo que se produjo un promedio anual por cada empresa de 338.95 millares de ladrillos.

En el país existe una asociación llamada IPEMAN (Instituto Peruano de Mantenimiento), que brinda capacitaciones y asesorías gratuitas en ingeniería de mantenimiento a todas las empresas del sector pesquero, minero e industrial en general. Pese a esto, muchas de las empresas ladrilleras a nivel nacional no recurren a esta Institución por la poca información sobre esta, lo que significa que dichas empresas no cuentan con un plan de mantenimiento total para su maquinaria y equipos, debido a que el 35% de ladrilleras que existen en Perú son formales.

Al norte del país, exactamente en el departamento de Cajamarca, se vive una situación parecida a la de todo el país, en esta región “existen registradas alrededor de 243 ladrilleras artesanales” (Estudio Diagnóstico sobre las ladrilleras artesanales en el Perú, 2010)

Según Víctor Cusquisibán Fernández (Directo Regional de Energía y Minas) que mencionó que “el 100 % de las ladrilleras son informales, por lo cual se anunció que el Gobierno Regional Cajamarca formalizará a los ladrilleros de Cajamarca con la finalidad de mejorar su producción, monitorear el cuidado del medioambiente e impedir el trabajo infantil en las ladrilleras. Asimismo, se manifestó que este diagnóstico sobre todo busca brindar asistencia técnica a los dueños de las ladrilleras a fin de que se formalicen cumpliendo todos los requerimientos estipulados en la norma.” (NOTA DE PRENSA N° 216-2016-GR.CAJ/DC.RR.PP.).

Para la investigación se analizó el mercado interno de Cajamarca y se decidió tomar como referencia a la empresa Cerámicos Cajamarca S.R.L, ubicada en la provincia de Cajamarca. Dicha empresa se desempeña en el rubro de fabricación semi - industrial al por menor de ladrillos, su planta industrial de producción se encuentra ubicada en el Km 1.5 Carretera a Shudal la cual fue formada en el año 2001, en Prolongación Alfonso Ugarte S/N. Su oficina principal se encuentra ubicada en Av. Evitamiento Sur N° 2395, Lotización San Roque.

Para la elaboración de los ladrillos la planta requiere arcilla, limo y arena, del cual el 70 % de materia prima proviene de las hectáreas de terreno con las que cuenta la empresa. Actualmente, la empresa produce entre 70 a 100 toneladas de ladrillos diarios y cuenta los siguientes tipos de ladrillos; Pandereta, King Kong popular, King Kong estándar, King Kong tipo IV, Techo 12, Techo 15, Techo 20 y Pastelero, siendo la Pandereta y el King Kong popular los productos que tienen mayor rotación dentro de sus inventarios. Además, la planta cuenta con los siguientes

equipos; Para formar los Ladrillos tienen 1 Tolva, 1 Vaivén, 1 Desintegrador, 4 Fajas, 2 Laminadores, 1 Amasadora, 1 Extrusora y 1 Cortadora. Para la quema de los ladrillos tienen 4 Hornos, 1 Extractor de Aire, 1 Molino para viruta o aserrín y 6 Alimentadores de Combustible.

Como los equipos trabajan de entre 7 a 9 horas diarias, el Gerente de la empresa optó por realizar un plan de mantenimiento correctivo y en ocasiones preventivo, para lo cual 1 trabajador se encarga de gestionar, ejecutar y tener un registro de todas las actividades e incidentes de la maquinaria. Para empezar, elaboraron un plan de lubricación que se realiza cada 3 días para alargar la vida útil de la máquina y también se realiza una limpieza antes y después de utilizarlas, por otro lado reconocieron que algunas piezas se deterioraban constantes por lo cual decidieron mandar a elaborar o comprar las piezas para guardarlas en su almacén, si la pieza es mandada a elaborar ellos elaboraron algunos croquis con las medidas de cada pieza y por último realizan un registro de las actividades realizadas y los incidentes de las máquinas.

Al tener dicho plan de mantenimiento la empresa no logra cubrir en su totalidad la disponibilidad de los equipos, pues ya se ha dado el caso que algún equipo haya dejado de funcionar en su totalidad, ocasionando que existan paradas de producción incurriendo como un gasto significativo para la empresa. Otro problema, es la compra de nuevos equipos porque los costos son tan elevados que decidieron obviar la idea, si bien es cierto que no todo el equipo deja de ser inservible y se puede elaborar la pieza deteriorada, el costo por pieza es elevado y en ocasiones el material de elaboración no es el adecuado. Por último, la compra de piezas y su almacenamiento también se considera un problema ya que no existe un mantenimiento para dichas piezas y esto genera un costo extra.

Por lo tanto, el presente estudio de investigación se basa en el diseño de un plan de mantenimiento productivo total que garantice incrementar la productividad en la empresa.

1.2. Formulación del problema

¿En qué medida el diseño de un plan de Mantenimiento Productivo Total incrementara la Productividad de la empresa Cerámicos Cajamarca S.R.L.?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Incrementar la Productividad a través de un Plan de Mantenimiento Productivo Total en la Empresa Cerámicos Cajamarca S.R.L.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Analizar el estado actual de la productividad con respecto a la gestión de mantenimiento de la empresa Cerámicos Cajamarca S.R.L.
- Diseñar el Plan de Mantenimiento Productivo Total en la empresa Cerámicos Cajamarca S.R.L.
- Desarrollar el Plan de Mantenimiento Productivo Total en la empresa Cerámicos Cajamarca S.R.L.
- Determinar y comparar los resultados de la aplicación del TPM en la empresa.
- Determinar el impacto económico del diseño de un plan de mantenimiento productivo total en la empresa Cerámicos Cajamarca S.R.L.

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de Investigación

a) Según su fin: Aplicada

La investigación es aplicada porque tiene como finalidad resolver los problemas prácticos de manera inmediata que se suscitan en el Área de mantenimiento en la empresa Cerámicos Cajamarca.

b) Según su alcance: Transversal Cuantitativa

La investigación es transversal cuantitativa porque se analizó la variable de productividad en función al diseño de un plan de mantenimiento productivo Total durante el periodo 2019-2020.

c) Según su Método: Deductivo – inductivo

La investigación es Deductivo – inductivo porque se basa en enunciados simples, tales como los resultados de las observaciones, entrevistas y encuestas, de esta manera a través de bases teóricas solucionar los distintos problemas identificados en el Área de estudio.

d) Según el Diseño de Investigación: Pre experimental

La Investigación es Pre experimental porque está orientado a la evaluación del impacto de un Diseño de Plan de mantenimiento productivo total con la finalidad de incrementar la productividad en la empresa Cerámicos Cajamarca S.A., para ello se utilizó los distintos pilares que conforman el TPM.

2.2. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos

2.2.1. Técnicas de recolección de información

En la investigación se utilizaron diferentes métodos que permitieron la recolección de información en la empresa Cerámicos Cajamarca S.R.L, los cuales son detallados en la siguiente tabla:

Tabla 1. Técnicas de recolección de datos

Método	Fuente	Técnica	Justificación
Cualitativos	Primaria	Entrevista	La entrevista permitió analizar el proceso de producción y la situación actual de la empresa.
	Primaria	Observación	Permitió recolectar la información necesaria para determinar la situación actual de la gestión de mantenimiento.
Cuantitativo	Primaria	Encuesta	Permitió conocer los tiempos de producción, tiempo de operación, tiempo de reparación por falla, cantidad de fallas, producción total y los productos que ofrece la empresa.
	Primaria	Análisis Estadístico	El análisis estadístico permitió identificar la situación actual de la empresa y de su maquinaria.

Elaboración: Propia

2.2.2. Instrumentos de Recolección de Datos

Asimismo, se utilizó distintos instrumentos que ayudaron a identificar la situación actual de Cerámicos Cajamarca S.R.L, los cuales son detallados en la siguiente tabla:

Tabla 2. Instrumentos de recolección de datos

Técnicas	Instrumentos	Aplicado
Entrevista	Cuestionario no estructurado	Determinar la situación actual de la gestión de mantenimiento.
		Identificar la maquinaria que tiene mayor influencia en el proceso de producción.
	Check List	Seguridad y salud ocupacional.
Observación		Situación actual de Cerámicos Cajamarca S.R.L.
	Libreta de apuntes	

		Determinar la situación actual de la empresa con respecto a la gestión de mantenimiento.
Análisis Estadístico	Diagrama Ishikawa	Permite describir las causas de la baja producción en la empresa.
Cuestionario	Ficha Diagnostico	Aplicado a los trabajadores de la empresa Cerámicos Cajamarca S.R.L.

Elaboración: Propia.

2.2.3. Técnicas de Procesamiento de información

Técnicas de descripción

- Diagrama Ishikawa
Mediante este diagrama podremos determinar los principales problemas, dificultades y carencias existentes en la gestión de mantenimiento, para ello se identificó 6 puntos.
- Diagrama de Barras
Dicha técnica permitió analizar los equipos con más fallas durante el proceso productivo.

Programas

- Microsoft Word
El programa permitió organizar la información y redactar la tesis.
- Microsoft Excel
Se utilizó este programa para analizar los datos obtenidos durante la investigación.
- ProModel
Este programa permitió realizar el croquis de cómo se encuentran distribuidas las máquinas en el área de producción.

2.3.Procedimientos

Teniendo en cuenta la metodología empleada el presente trabajo se basó en los pilares del TPM como se muestran en la Figura 1.

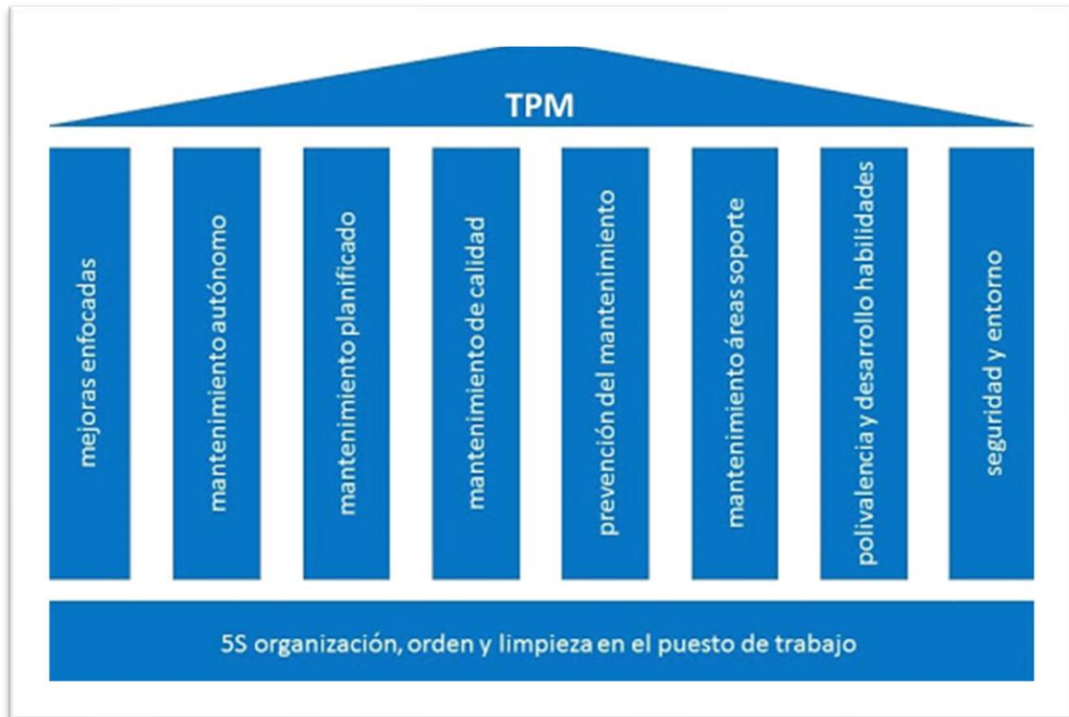


Figura 1: Pilares del TPM

Fuente: Libro mantenimiento- Carlos R. (2014)

De los ocho pilares mostrados en la Figura 1, se desarrollaron el pilar de mejoras enfocadas, mantenimiento autónomo, mantenimiento planificado (cronogramas), mantenimiento de la calidad, mantenimiento de las áreas de soporte (5S), polivalencia y desarrollo de habilidades (entrenamiento del personal), Seguridad y Salud (mapa de riesgos y utilización de EPP). Todo el procedimiento se refleja en la siguiente figura, la cual se enfocó en la preparación, introducción, implantación y estabilización, estas cuatro fases tienen 12 pasos enfocados en el Mantenimiento Productivo Total.

PROCEDIMIENTO

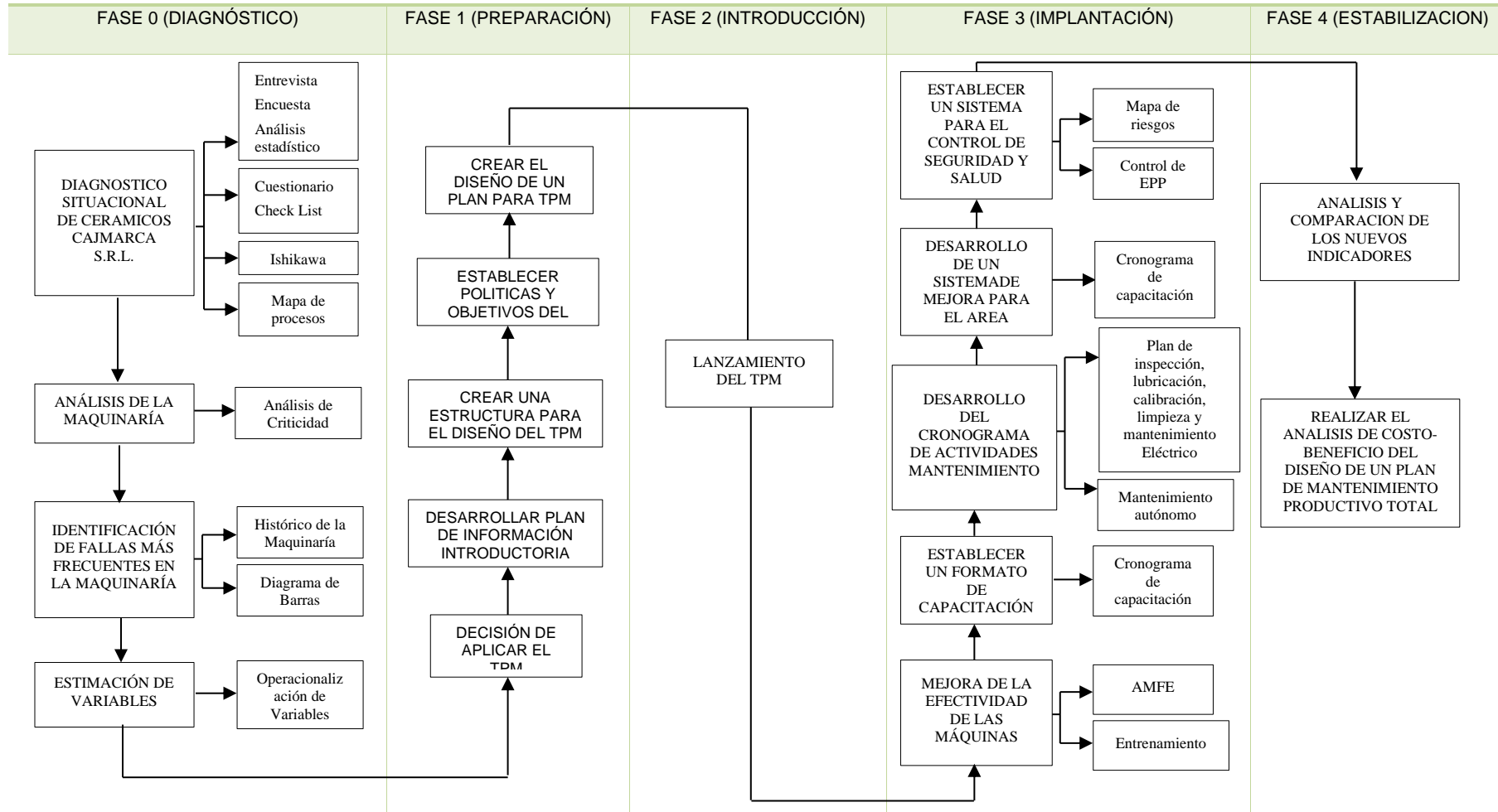


Figura 2: Procedimiento de la investigación
Elaboración: Propia

Fase 0: Diagnóstico

El Diagnóstico Situacional de la Empresa Cerámicos Cajamarca S.R.L, se realizó a través de la observación que facilito el llenado de Check list, así como recopilación de datos de la empresa a través de la observación y el cuestionario. Uno de los Check list se realizó considerando las condiciones de mantenimiento dentro de la empresa, el otro se encargaba de evaluar la seguridad y salud ocupacional en la empresa, luego se procedió a elaborar un Diagrama de Ishikawa basado en la causa y efecto, ya que permite identificar la causa de la baja productividad de la empresa a través de las 6 M (mano de obra, máquina, materiales, medio ambiente, medición y métodos). Alcalde (2009).

Se procedió la codificación de las máquinas utilizando la metodología que presenta Dounce (2000), la cual a través del uso de siglas permite identificar cada equipo dentro del sistema, después se procede a realizar el inventario jerarquizado basado en la metodología de RIME tomando en cuenta solo el factor del código de máquina de Dounce (2013), permitiendo así identificar los equipos vitales dentro del proceso productivo.

Fase 1: Preparación

En esta fase se busca dar el conocimiento necesario, así como las responsabilidades de implantar un sistema TPM dentro de la organización como lo menciona Rey (2011).

Decisión de Aplicar el TPM en la Empresa

Durante el desarrollo de la Fase 1 de implementación del TPM se comenzó con decisión por parte del gerente de la empresa Cerámicos Cajamarca S.R.L. de aplicar el TPM en la empresa la cual se desarrolló a través de un compromiso de la gerencia considerando los conceptos del TPM y sus 6 pilares (Sánchez, 2012).

Desarrollar plan de información introductoria

Como lo menciona Rey (2011), para desarrollar la campaña de información introductoria se realiza a través de charlas al personal sobre el concepto de TPM y sus objetivos. Estas charlas se realizan basándose en las ventajas del TPM al aplicar en la empresa

Crear una estructura para el diseño del TPM

Para esto se estructuró la dirección de mantenimiento la cual está conformada por el jefe del mantenimiento productivo total. El comité de pilotaje está conformado por cuatro personas, para la selección de estas personas se tomó en cuenta sus capacidades y habilidades, teniendo en cuenta que esta organización debe tener autoridad y responsabilidad

Establecer políticas y objetivos para el TPM

Se establecieron las políticas y objetivos del TPM en la organización con la colaboración de todos los colaboradores.

Diseño del plan maestro para el desarrollo del TPM

Este se desarrolló tomando en consideración los pilares del TPM mencionados por Marín & Mateo (2013).

Fase 2: Introducción

Lanzamiento del TPM

En la segunda fase de la implementación se dio lanzamiento del TPM dando a conocer a todos los trabajadores tanto de operaciones como administrativos sobre el comienzo de la implementación del TPM, tomando en cuenta la satisfacción de los clientes externos (clientes y proveedores).

Fase 3: Implantación

Mejorar la efectividad de la máquina

En la fase 3 de implantación se busca mejorar la efectividad de las máquinas, por lo que se desarrollaron AMFE como lo indican Matos (2012) y Boero (2006), de cada uno de las máquinas vitales para disminuir los IPR más altos a través de acciones preventivas; así mismo se debe realizar el adecuado entrenamiento de los trabajadores y la implementación de un mantenimiento autónomo.

Establecimiento de un formato de capacitaciones

A través de la implementación de un cronograma para todas las capacitaciones de mantenimiento de los equipos a los trabajadores.

Desarrollo de un sistema de mejora de la capacidad de los departamentos

A través de la aplicación de la metodología de las 5S Mendoza (2012), afirma que es necesario para el desarrollo adecuado dentro del proceso productivo de la empresa. Para esto se desarrolló formatos que facilitan el seguimiento de las mismas, ya que se relaciona con el TPM e incrementa sus indicadores como

Establecimiento de un sistema de control de seguridad y salud

En cuanto a Seguridad y Salud, se diseñó la señalización de las principales áreas con un mapa de riesgos basado según la RM n° 055-2013-tr como lo indica García M. (1994), y EPP para su uso en el desarrollo del trabajo y sus jornadas laborales.

Fase 4: Estabilización

Análisis costo - beneficio

Esto implica que los indicadores deben ser calculados de manera continua para determinar si estos se están manteniendo con las mejoras implementadas; y así lograr incrementar la productividad.

Tabla 3. Tabla de Operacionalización (Variable Independiente y dependiente)

VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	DEFINICIÓN INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
Mantenimiento Productivo Total Es el conjunto de disposiciones técnicas, medios y actuaciones que permiten garantizar que las máquinas, instalaciones y organización ..., pueden desarrollar el trabajo que tienen previsto en un plan de producción en constante evolución por la aplicación de la mejora continua. (Rey Sacristán, 2002)	Medición de tiempos para mantenimiento	Tiempo promedio entre fallas (MTBF)	El tiempo promedio esperado para que ocurra una falla en algún elemento del sistema (Arias Alborno, Aedo Ruz, & Olgún Parada, 2006)	Horas / máquina
		Tiempo promedio en reparación (MTTR)	Es el promedio de reparaciones que hubo que llevar a cabo sobre un determinado sistema o componente (de forma no programada) en un periodo de tiempo determinado. (Conforti & DeSantis, 2011)	Horas / máquina
	Efectividad Global Esta medida evalúa el rendimiento del equipo mientras está en funcionamiento. (Gómez Santos, 2001)	Disponibilidad	Se define como la probabilidad de que un equipo realice las funciones requeridas en un instante o periodo de tiempo determinado. (Arques Patón, 2009)	Porcentaje
		Eficacia	La eficacia de un Sistema mide el logro de sus Objetivos Generales. (Hurtado Carmona, 2011)	Porcentaje
		Calidad	Calidad total es el cumplimiento de los requerimientos donde el sistema es la prevención, es estándar, es cero defectos. (Philip B. Crosby)	Porcentaje

Elaboración: Propia

VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN DIMENSION	INDICADORES	DEFINICIÓN INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
Productividad	<p>Productividad</p> <p>Es la relación que existe entre producción y el uso inteligente de los recursos humanos, materiales y financieros, de tal manera que: se logre los objetivos institucionales, se mejore la calidad de los productos y servicios al cliente, se fomente el desarrollo de los trabajadores y se contribuya con beneficios económicos, ecológicos y morales a la colectividad. (Rodriguez Combeller, 1993)</p>	<p>Productividad de mano de obra (Pmo)</p>	<p>Cantidad de unidades producidas en relación a las horas laboradas por la mano de obra.</p>	<p>Toneladas/horas hombre</p>
		<p>Productividad de la maquinaria (Pm)</p>	<p>Cantidad de unidades producidas en relación con al número de máquinas</p>	<p>Toneladas /máquina</p>

Elaboración propia

CAPÍTULO 3. RESULTADOS

3.1. Resultados del diagnóstico situacional de la empresa

3.1.1. Datos Generales de la Empresa

- **Descripción de la Empresa**

Razón Social: Cerámicos Cajamarca S.R.L

RUC: 20453661114

Gerente General: Bodadilla Cartagena, Benedicto

Sector Económico: Manufactura

Ubicación: Cajamarca

- **Descripción de la Actividad**

Cerámicos Cajamarca S.R.L, es una empresa semi – industrial dedicada a la fabricación de ladrillos, la empresa cuenta con los equipos adecuados que trabaja de 7 a 9 horas diarias y por ello la empresa obtiene un promedio de 80 toneladas de ladrillos diarios. Con las mejoras continuas en los procesos de producción, pueden fabricar 8 tipos de ladrillos, entre ellos están: Pandereta, King Kong popular, King Kong estándar, King Kong tipo IV, Techo 12, Techo 15, Techo 20 y Pastelero.

- **Máquinas, equipos y herramientas**

En la siguiente tabla se muestra la cantidad de máquinas, equipos y herramientas utilizada para en proceso de fabricación de ladrillos.

Tabla 4. Lista de Máquinas, equipos y herramientas

MÁQUINAS, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS			
PROCESO DE FORMADO			
ITEM	EQUIPO	IMAGEN	DESCRIPCIÓN
1	Tolva		Embudo de gran tamaño destinado al depósito y canalización de materiales granulares o pulverizados, entre otros.
2	Vaivén		Se encarga de oscilar el movimiento a ritmo de tamizar las piedras mas grandes que se encuentren la momento de llenar la tolva.
3	Desintegrador		Es el equipo indicado para separar pequeños cuerpos extraños eventualmente contenidos en la arcilla, como también es ejecutada una pre-laminación
4	Faja Transportadora 1		Sistema de transporte continuo formado por una banda continua que se mueve entre dos tambores
5	Laminadora 1		Completa la homogenización de la arcilla, evita las pérdidas en la producción y proporciona productos con mejor acabado.
6	Faja Transportador 2		Sistema de transporte continuo formado por una banda continua que se mueve entre dos tambores
7	Amasadora		fundamentales en el proceso de preparación para asegurar una correcta mezcla y homogeneidad entre distintos tipos de arcilla u otros minerales y sus aditivos, así como

			para la incorporación de agua.
8	Laminadora 2		Completa la homogenización de la arcilla, evita las pérdidas en la producción y proporciona productos con mejor acabado.
9	Faja Transportador 3		Sistema de transporte continuo formado por una banda continua que se mueve entre dos tambores
10	Extrusora		Sirve para amasar y recuperar la arcilla para que pueda volver a usarse, Se hacen para la mezcla de arcilla en un estado utilizable y expulsándolo en bobinas de diversos tamaños.
11	Cortadora		Sirve para cortar diferentes tamaños de planchas y formas geométricas. Se extiende la arcilla al largo requerido, el cortador se coloca sobre la arcilla, se presiona sobre el muelle hacia abajo y se corta la forma.
12	Faja Transportadora 4		Sistema de transporte continuo formado por una banda continua que se mueve entre dos tambores

PROCESO DE QUEMADO

13 Molino de viruta y aserrín

14 Alimentadores de combustible

15 Extractora de aire

COMPLEMENTOS

16 Cuatrimoto

17 Tractor

18 Camión 1

19 Camión 2

20 Retroexcavadora

21 Herramientas

Fuente: Cerámicos Cajamarca S.R.L.

Elaboración: Propia

- **Proveedores**

En el proceso de producción se utiliza el caolín como materia prima, el cual es una arcilla blanca que brinda mayor resistencia en los ladrillos. En la siguiente tabla se indica los nombres de los proveedores que cuenta la empresa.

Tabla 5. Lista de Proveedores

PROVEEDOR	INSUMO
Francisco Quiroz	Arcilla caolín
Luis Vásquez	Arcilla caolín
Walter Álvarez	Transportista
Joel Huaripata	Transportista

Fuente: Cerámicos Cajamarca S.R.L



Elaboración: Propia



El **caolín** o caolinita es el nombre con el que se le conoce a la arcilla blanca, también tiene un importante poder absorbente por su alto contenido en silicio, aluminio y sales minerales, con un elevado punto de fusión con propiedades refractarias notables después de la cocción por lo que se emplea para la fabricación de ladrillos.

- **Productos**

En las siguientes tablas se indican los ocho tipos de ladrillos que la empresa Cerámicos Cajamarca S.R.L ofrece.

Tabla 6. Productos elaborados por Cerámicos Cajamarca – Ladrillos para pared





TIPO DE LADRILLO	IMAGEN REFERENCIAL	CARTERISTICAS
PARA PARED		
Pandereta		Medidas: 22x11x9 cm Peso aprox: 2 kg Producción diaria: 24000 und./d.
King Kong Popular		Medidas: 22x12x9 cm Peso aprox: 2.40 kg Producción diaria: 20000 und./d.

King Kong Estándar		Medidas: 22x13x9 cm Peso aprox: 2.80 kg Producción diaria: 17100 und./d.
King Kong Tipo IV		Medidas: 22x13x9 cm Peso aprox: 4 kg Producción diaria: 12000 und./d.

Fuente: Cerámicos Cajamarca S.R.L

Elaboración: Propia

Tabla 7. Productos elaborados por Cerámicos Cajamarca – Ladrillos para techo

TIPO DE LADRILLO	IMAGEN REFERENCIAL	CARACTERISTICAS
PARA TECHO		
Techo 12		Medidas: 12x30x30 cm Peso aprox: 6.5 kg Producción diaria: 7300 und./d.
Techo 15		Medidas: 15x30x30 cm Peso aprox: 7.5 kg Producción diaria: 6300 und./d.
Techo 20		Medidas: 20x30x30 cm Peso aprox: 10 kg Producción diaria: 4800 und./d.
Pastelero		Medidas: 3x25x25 cm Peso aprox: 2.5 kg Producción diaria: 19000 und./d.

Fuente: Cerámicos Cajamarca S.R.L

Elaboración: Propia

3.2. Resultados del diagnóstico del Área de Estudio

En este capítulo se conocerá el diagnóstico del área en el cual la tesis se centra, para ello a continuación se mostrará los pasos para determinar el diagnóstico del área de Mantenimiento en la empresa Cerámicos Cajamarca S.R.L.

3.2.1. Pasos del Diagnostico

En la Figura 3 se muestra los pasos para determinar el diagnóstico situacional del área de mantenimiento de la empresa Cerámicos Cajamarca S.R.L.

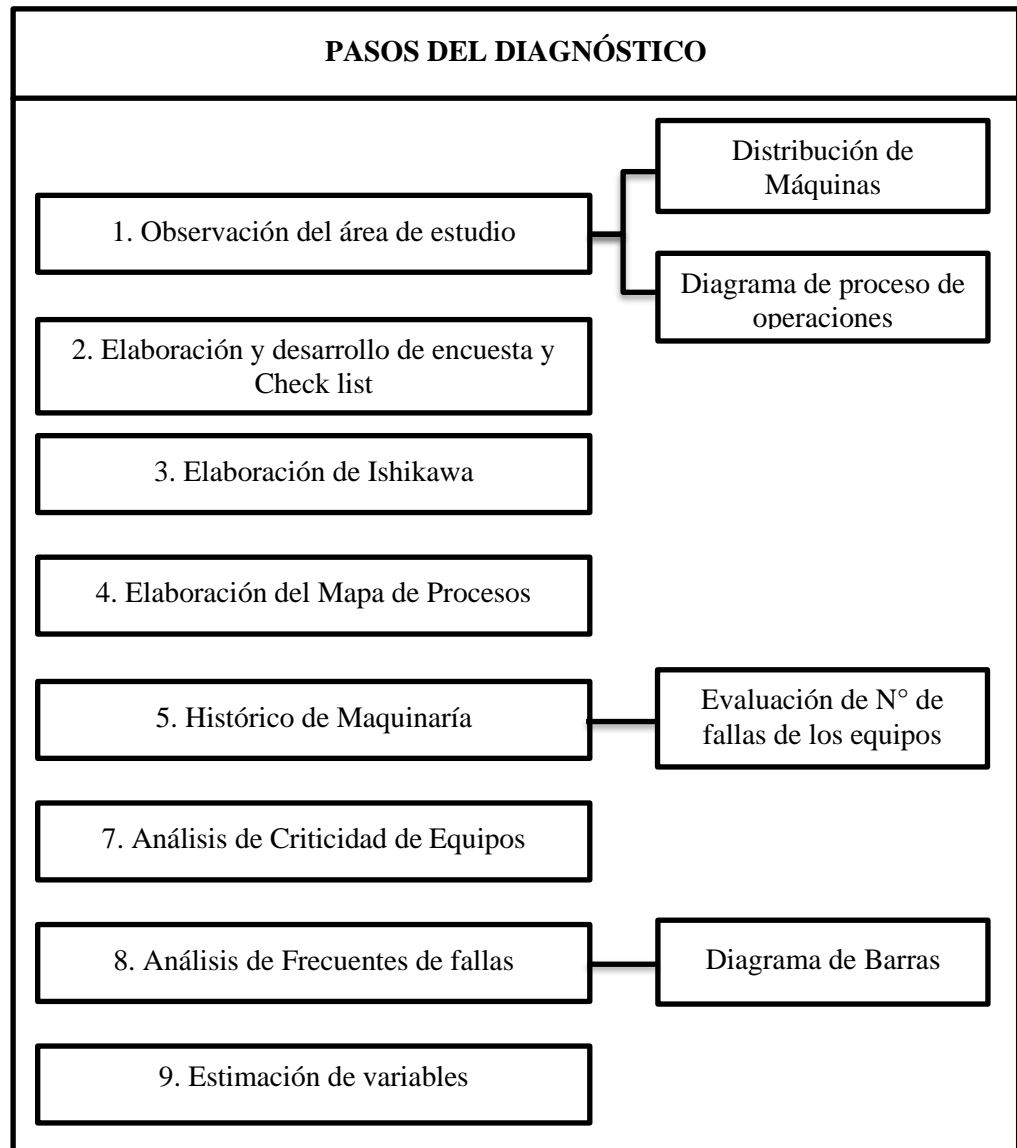
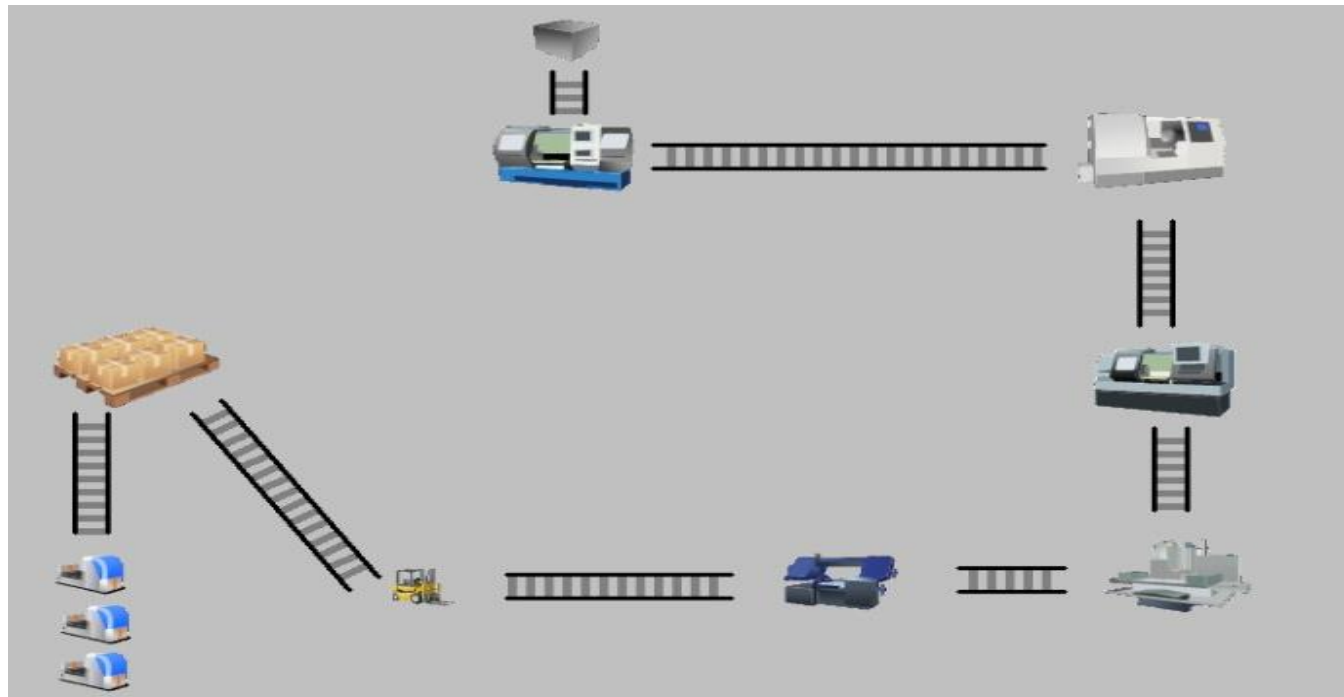


Figura 3: Pasos del diagnostico

Elaboración Propia

a) Observación del área de estudio

Durante las visitas, se observó el proceso que se desarrolla en el área de estudio recopilando fotos como se observa en el ANEXO n° 1, así mismo se realizó un croquis de la distribución de la maquinaria con el programa ProModel, tal como se aprecia en la siguiente la siguiente figura:



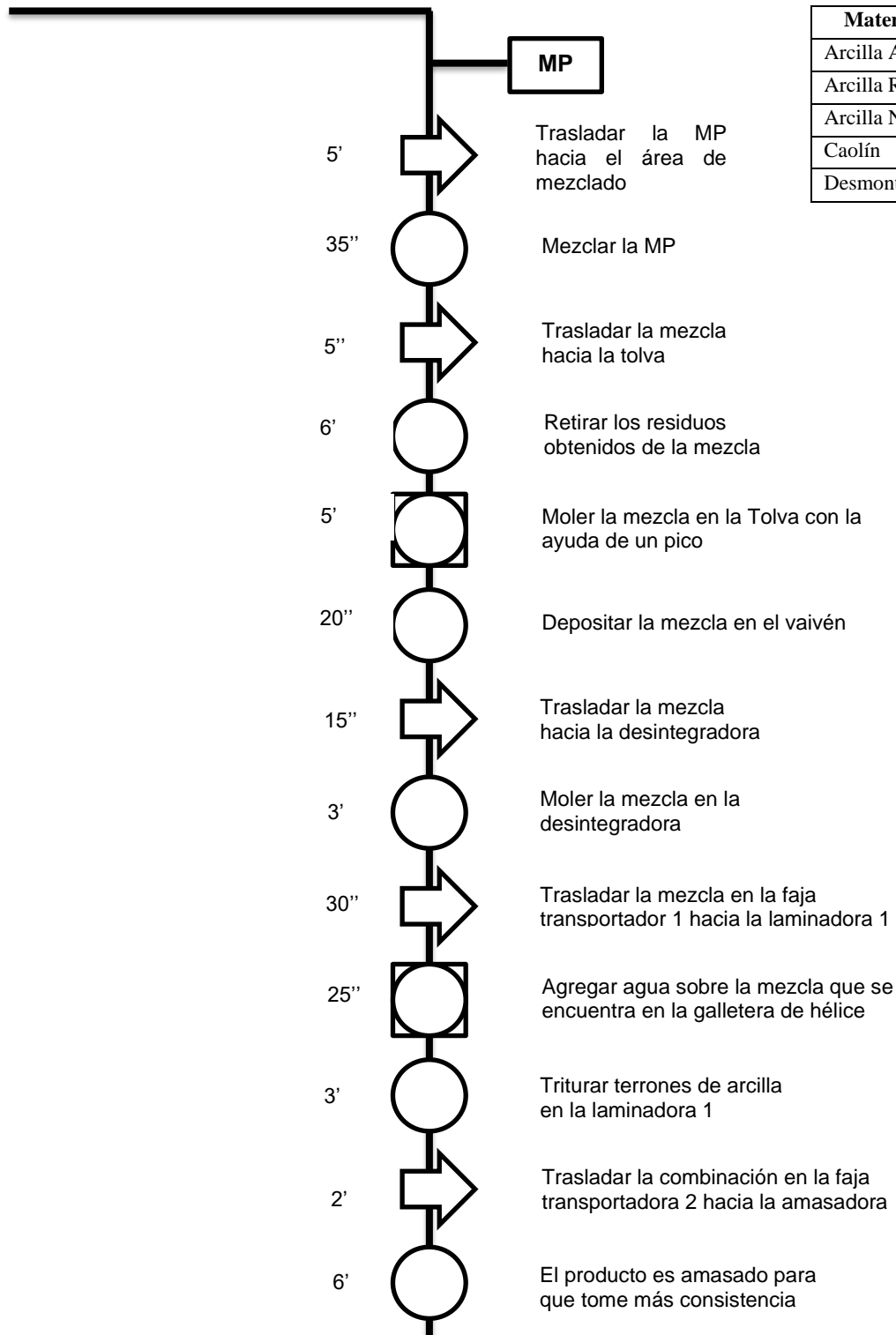
Leyenda	
	Moledora
	Desintegradora
	Amasadora
	Extrusora
	Cortadora
	Carreta
	Ladrillo húmedo
	Horno

Figura 4: Distribución de la maquinaria

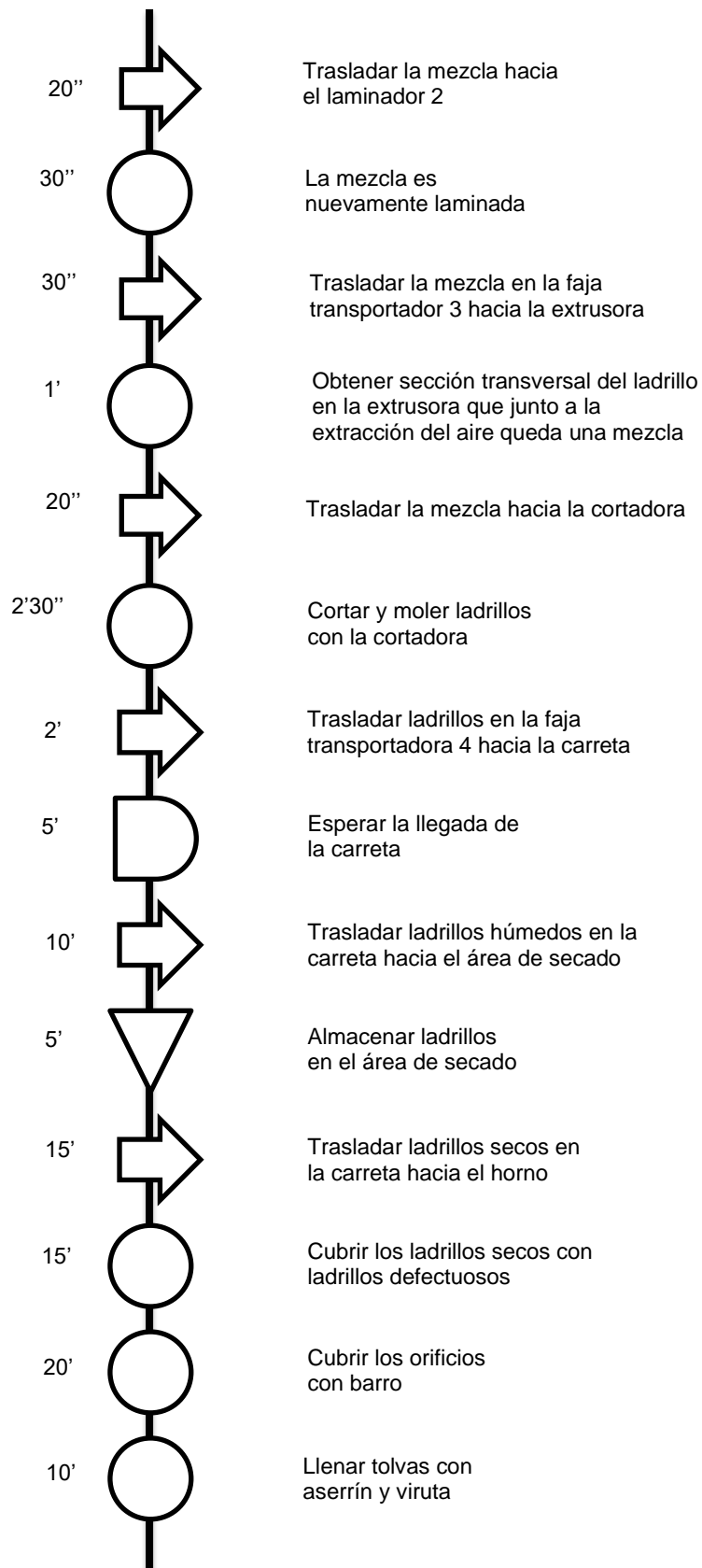
Elaboración: Propia

Así mismo permitió determinar los tiempos y pasos para la elaboración del diagrama de operaciones de procesos es te tipo U. Con la cual se identificó que el tiempo del ciclo total durante la producción es de 9 horas, también en la identificación de actividades productivas e improductivas y posibles cuellos de botella.

• **Diagrama de procesos**



Materia Prima	Cantidad
Arcilla Amarilla	3 m ³
Arcilla Roja	1 m ³
Arcilla Negra	2 m ³
Caolín	3 m ³
Desmorte	1 m ³



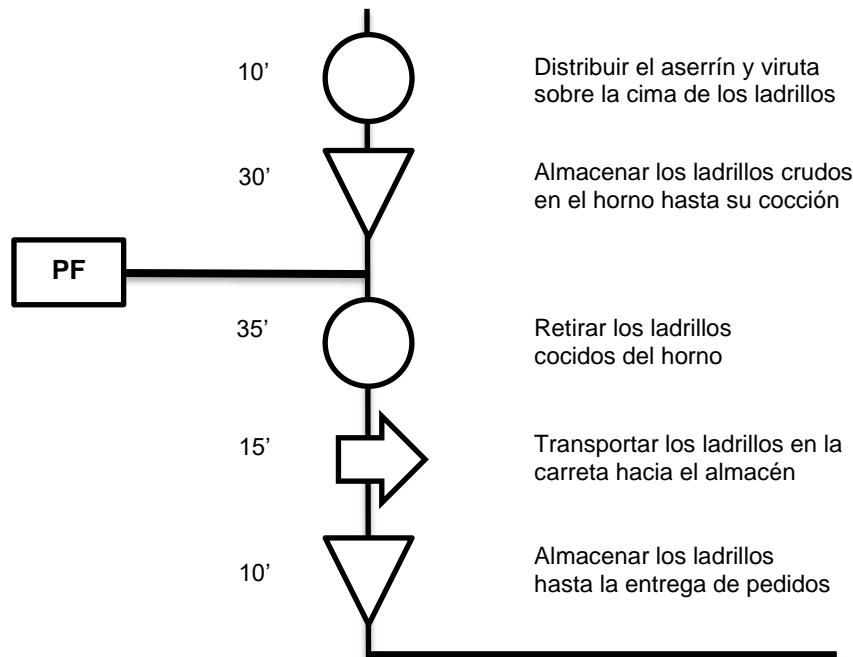


Figura 5: Diagrama de Proceso Productivo Cerámicos Cajamarca S.R.L

Elaboración: Propia

Tabla 8. Resumen Diagrama de Procesos

ACTIVIDAD	NUMERO	TIEMPO	PORCENTAJE DE ACTIVIDAD
Operación	14	112'55''	44%
Inspección	0	0	0%
Operación Combinada	2	5' 25''	6%
Transporte	12	51' 20''	38%
Demora	1	5'	3%
Almacén	3	45'	9%
TOTAL	32	219'40''	100 %

Elaboración: Propia

Como se observa en la tabla anterior las operaciones es la actividad con mayor participación es el proceso de producción, seguido se encuentra la actividad de transportes, ya que existen distintos equipos para el proceso de producción. Por otro lado, se tiene en cuenta que el tiempo de las actividades productivas son de 118' 20'' y las improductivas 101'20''.

b) Elaboración y desarrollo de encuesta y Check list

- **Encuesta**

Se realizó una encuesta no estructurada para mayor conocimiento del comportamiento de las máquinas durante el proceso productivo y la gestión de mantenimiento de dicha área como se muestra en el ANEXO n°2.

- **Check list**

Se realizó dos formatos de Check List, las cuales tiene referencia a la Gestión de Mantenimiento (Anexo n°3) y el otro a la Seguridad y Salud en el trabajo (Anexo n°5), estas fueron llenadas como se pueden observar en el ANEXO n°4 y ANEXO n°6. La información obtenida permitirá el desarrollo de la presente tesis.

c) Elaboración de Diagrama de Ishikawa

Una vez realizada la encuesta y los Check list se elaboró un Diagrama de Ishikawa (Figura 6) donde se muestra las causas principales de la baja productividad de Cerámicos Cajamarca S.R.L.

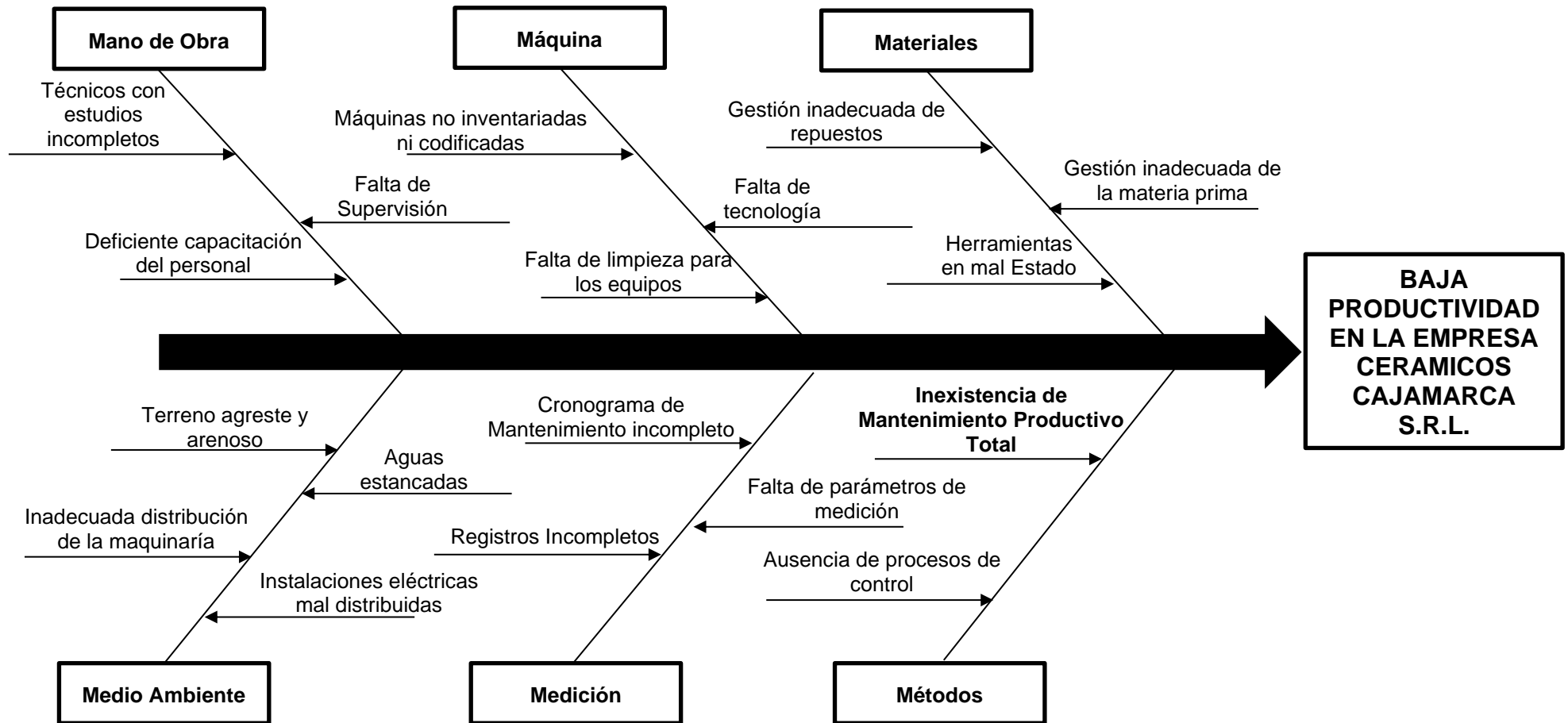


Figura 6: Diagrama de Ishikawa - Baja productividad

Fuente: Cerámicos Cajamarca S.R.L

Elaboración: Propia

En la figura anteriormente visto, se identificaron las diversas causas que originan la baja productividad de la empresa Cerámicos Cajamarca S.R.L, esto a su vez genera costos extra de producción, costo extra por mano de obra y costos por reparación de equipos. Además, el área de estudio realiza mantenimiento correctivo al presentarse una parada o falla y no cuenta con un cronograma de mantenimiento preventivo, la maquinaria no cuenta con manual de mantenimiento. A continuación, se detalla la información:

Mano de Obra:

Para la mano de obra se identificó causas como, trabajadores no especializados debido a carreras universitarias o técnicas incompletas, la falta de supervisión en los procesos de producción y por último la deficiente capacitación del personal por el uso de EPP y SST.



Figura 7: Personal de Cerámicos Cajamarca S.R.L.

Elaboración: Propia

Máquina:

Los equipos no están inventariados ni tampoco codificados, generando dificultad durante la producción, otro punto es la mala gestión del mantenimiento ya que solo realizan mantenimiento correctivo al tener problemas con las máquinas y por último falta de tecnología debido al alto costo de adquisición.



Figura 8: Equipos de Cerámicos Cajamarca S.R.L.

Elaboración: Propia

Materiales:

La inadecuada gestión de repuestos para la maquinaria ocasiona la parada de producción, la gestión inadecuada de la materia prima al momento de producir y el mal estado de las herramientas no permiten un desempeño óptimo.



Figura 9: Cantera con material para producción

Elaboración: Propia

Medio Ambiente:

La empresa cuenta con un ambiente agreste y arenoso donde se pudo identificar aguas estancadas, inadecuada distribución de la maquinaria e instalaciones eléctricas mal distribuidas, generando riesgos para los trabajadores.



Figura 10: Ambiente de Cerámicos Cajamarca S.R.L.

Elaboración: Propia

Medición:

Mientras que, para la medición, la falta de parámetros, registros incompletos y un cronograma de mantenimiento incompleto, genera que las actividades de investigación y de mantenimiento no se realicen en su totalidad.

Método:

En los métodos se identificaron la ausencia de procesos de control, además la inexistencia de mantenimiento productivo total ocasiona que las máquinas tengan paradas y por ende una baja en la producción.



Figura 11 Ausencia de procesos de control

Elaboración propia

d) Elaboración del Mapa de procesos

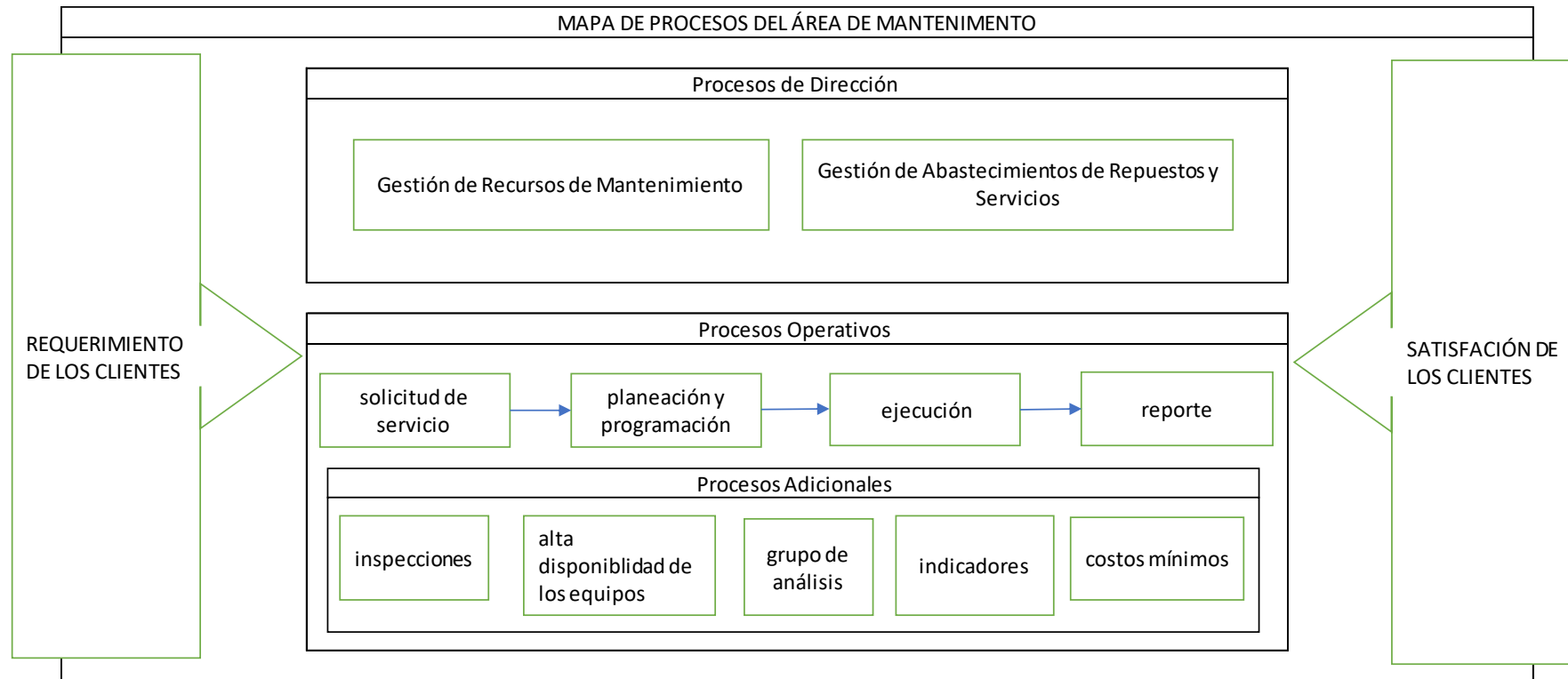


Figura 12: Mapa de Procesos del área de mantenimiento de la empresa Cerámicos Cajamarca S.R.L

Elaboración propia

En la empresa Cerámicos Cajamarca S.R.L, las actividades realizadas en la gestión de mantenimiento son de suma importancia para las actividades de atención al cliente y las tomas de decisiones dentro del área. En el proceso del manteamiento productivo total; el encargado del área de mantenimiento, tendrá que verificar que todas las acciones de estén dirigidas en mantener la seguridad de los colaboradores y que los equipos de la planta se encuentren en óptimas condiciones para operar y así prevenir fallas futuras, en caso que ocurriera, las consecuencias deben ser lo menos perjudiciales, tanto para la seguridad como para la producción.

e) Histórico de Maquinaria

Durante la entrevista con el Gerente General de la empresa Cerámicos Cajamarca S.R.L, se recopilo información de la maquinaria considerando los meses de noviembre, diciembre y enero, para ello el gerente brindo datos como el promedio de horas operativas, numero de fallas y reparaciones, horas inoperativas, horas de corrección y su costo, además se estima que aproximadamente se labora 216 (9h * 6 días) horas y se espera producir 1200 Tn de las cuales no se cumplen 200 Tn debido a las fallas ocurridas, la deformación de los ladrillos y la falta de capacitación del personal. Además, durante la entrevista el gerente recalco que las horas operativas de la maquinaria no cumplen con lo estimado debido a las fallas presentes.

EQUIPO	HORAS OPERATIVAS	N° DE FALLAS	HORAS INOPERATIVAS	HORAS DE CORRECCIÓN	COSTO DE CORRECCIÓN
Tolva	216	0	0	0	S/. 0.00
Amasadora (*)	207.5	9	2	6.5	S/. 1,600.00
Cortadora	203	4	3	10	S/. 400.00
Desintegrador (*)	195.5	11	4	16.5	S/. 1,500.00
Extrusora (*)	195	18	3	18	S/. 4,000.00
Faja Transportadora 1	213.5	2	0.5	2	S/. 230.00
Faja Transportadora 2	216	0	0	0	S/. 0.00
Faja Transportadora 3	216	0	0	0	S/. 0.00
Faja Transportadora 4	216	0	0	0	S/. 0.00
Laminador 1 (*)	189.5	12	4	22.5	S/. 3,120.00
Laminador 2	199	7	3	14	S/. 640.00
Vaivén	205	4	1.5	9.5	S/. 800.00
SUMA TOTAL	2472	67	21	99	S/. 12,290.00

PROMEDIO	206.00	5.58	1.75	8.25
-----------------	--------	------	------	------

Elaboración: Propia

Como se observa en la tabla, durante un mes puede haber aproximadamente 67 fallas en los equipos, lo cual es un número significativo y puede reflejarse en la producción de los ladrillos. Otro tema son las horas inoperativas y horas de corrección, las cuales representan tiempos muerto.

- **Evaluación del número de fallas de los equipos**

Una vez determinado el número promedio de fallas en los equipos, se evaluó el porcentaje de frecuencia tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 9. Distribución del número de fallas de los equipos

EQUIPO	N° DE FALLAS	% DE FRECUENCIA NORMAL	% DE FRECUENCIA ACUMULADO
Extrusora	18	27%	27%
Laminador 1	12	18%	45%
Desintegrador	11	16%	61%
Amasadora	9	13%	75%
Laminador 2	7	10%	85%
Cortadora	4	6%	91%
Vaivén	4	6%	97%
Faja Transportadora 1	2	3%	100%
TOTAL	67		

Elaboración: Propia

Como se puede observar en la tabla los equipo con más intervenciones es la Extrusora y el Laminador 1, ya que tiene un promedio de 18 y 12 fallas y siendo el 27% y 18% del porcentaje total de fallas respectivamente. Esto quiere decir que la frecuencia acumulada de estos equipos es el 45% del total de las fallas.

f) Análisis de Criticidad de Equipos

Para el Análisis de Criticidad de equipos se consideró las ponderaciones de acuerdo a su factor, y cada factor tiene un valor el cual se tomó de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 10. Valoración de Índice de Criticidad

VALORACION	PUNTAJE
1. Frecuencia de fallas	
No más de una falla semestral	1
No más de dos fallas semestrales	2
Entre 2 y 6 fallas semestrales	3
Más de 8 fallas semestrales	4
2. Tiempo Promedio para Reparación (horas)	
Menos de 4 horas	1
Entre 4 y 8 horas	2
Entre 8 y 24 horas	3
Más de 24 horas	4
3. Costo de Reparación	
Menos de S/. 500	1
Entre S/. 500 y S/. 1000	2
Entre S/. 1000 y S/. 1500	3
Más de S/. 1500	4
4. Impacto Operacional	
Menos de 25%	1
25% de Impacto	2
Entre 50% y 75% de impacto	3
Impacta Totalmente	4
5. Impacto de Seguridad y Medio Ambiente	
Sin consecuencias	1
Efecto Temporal sobre personas, no afecta el medio ambiente	2
Efecto temporal sobre personas y ambiente	3
Efecto irreversible sobre las personas y ambiente	4

Fuente: (Parra C. y Crespo, A. Draft vol. 5, 2012)

Tabla 11. Resultados del análisis de criticidad de equipos

ITEM	EQUIPO	CONSECUENCIA DE FALLA (CF)					Índice de Criticidad
		FF	FF*CF	Frecuencia de Falla	Tiempo Promedio de	Impacto Operacional	
1	Vaivén	4	2	3	2	2	36
2	Desintegrador	4	3	4	3	2	48
3	Faja Transportadora 1	3	1	1	1	1	12
4	Faja Transportadora 2	1	1	1	1	1	16
5	Amasadora	4	1	4	4	2	44
6	Laminadora 1	4	4	3	4	2	52
7	Laminadora 2	4	4	3	2	2	44
8	Faja Transportador 3	1	1	1	1	1	4
9	Extrusora	4	4	4	4	2	56
10	Cortadora	4	2	4	1	1	32
11	Faja Transportadora 4	1	1	1	1	1	4

Elaboración: Propia

Como se observa en la tabla, a cada equipo se le asignó un valor considerando su frecuencia de falla, tiempo promedio de reparación, impacto operacional, costo de reparación y el impacto en seguridad y medio ambiente, Finalmente, estos valores fueron sumados para obtener el índice de criticidad.

A continuación, en la siguiente tabla los datos serán clasificados según el índice de criticidad y con ello se observará los equipos más críticos.

Tabla 12. Clasificación de equipos según su grado de criticidad

ITEM	EQUIPO	CONSECUENCIA DE FALLA (CF)							FF* C F	Clasificación de Criticidad
		Frecuencia de Falla	Tiempo Promedio de	Impacto Operacional	Costo de Reparación	Impacto en Seguridad y	Índice de Criticidad			
1	Extrusora	4	4	4	4	2	56	Clasificación tipo A		
2	Laminador 1	4	4	3	4	2	52			
3	Desintegrador	4	3	4	3	2	48			
4	Amasadora	4	1	4	4	2	44			
5	Laminador 2	4	4	3	2	2	44			
6	Vaivén	4	2	3	2	2	36	Clasificación tipo B		
7	Cortadora	4	2	4	1	1	32			
8	Faja Transportadora 1	4	1	1	1	1	12	Clasificación tipo C		
9	Faja Transportadora 2	1	1	1	1	1	4			
10	Faja Transportadora 3	1	1	1	1	1	4			
11	Faja Transportadora 4	1	1	1	1	1	4			

Elaboración: Propia

El rango de criticidad se estableció de acuerdo a Parra, C y Crespo, A., 2012, y es el siguiente:

- Criticidad Alta: 40 a 60, según su índice de criticidad se representó con la letra A.
- Criticidad Media: 20 a 39, según su índice de criticidad se representó con la letra B.
- Criticidad Baja: 05 a 19, según su índice de criticidad se representó con la letra C.

Como se aprecia en la tabla anterior existen 5 máquinas con un índice de criticidad alta, esto se debe a su frecuencia de falla, tiempo promedio de reparación, impacto operacional y su costo de reparación.

Por otro lado, existen dos máquinas con un índice de criticidad media, siendo su frecuencia de falla e impacto operacional los índices con datos numéricos más altos.

Por último, se encuentran las 4 fajas transportadoras, las cuales tienen un índice de criticidad baja y es a causa de su poca frecuencia de falla durante el proceso productivo.

g) Análisis de Frecuencia de Fallas

Una vez analizado el grado de criticidad de la maquinaria, se determinó que los equipos más críticos son: la extrusora, laminador 1, desintegrador, y la amasadora. A continuación, se detallará a través de diagramas de barra las fallas más frecuentes que presentan las máquinas ya mencionadas.

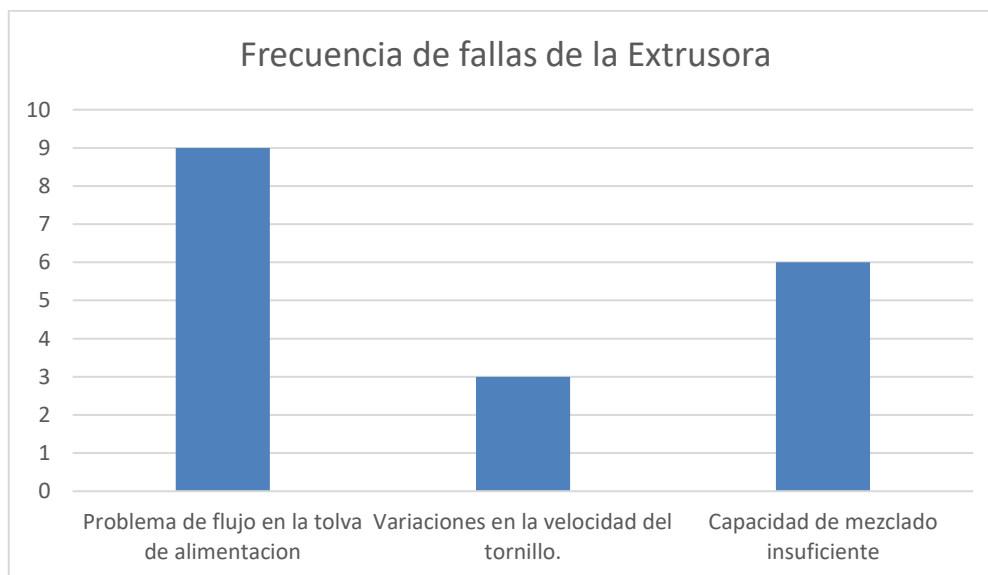


Figura 13: Frecuencia de fallas de la Extrusora

Elaboración: Propia

Como se observa en la figura anterior, se muestran las fallas más frecuentes de la extrusora, el mayor problema para esta máquina es el flujo en la tolva de alimentación y esto se debe al material que se utiliza, pues la arcilla contiene rocas y restos de plantas ocasionando que las demoras de hasta 15 min, además identifiqué variaciones en la velocidad del tornillo y una capacidad de mezclado insuficiente.

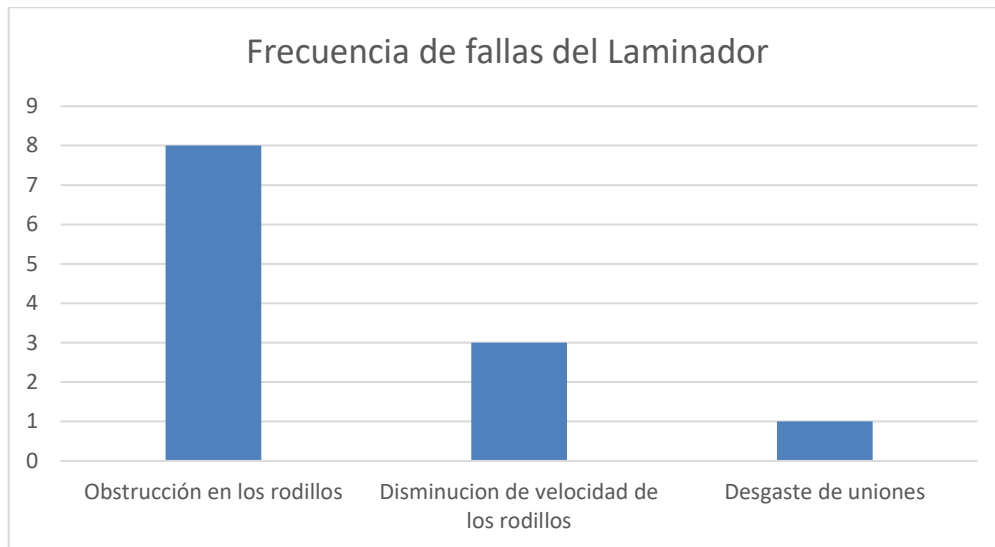


Figura 14: Frecuencia de fallas del Laminador

Elaboración: Propia

En la Figura 17 se muestra que la obstrucción en los rodillos es la falla más frecuente en el laminador, así mismo, se identificó que existen disminuciones de velocidad de los rodillos y desgastes de uniones.

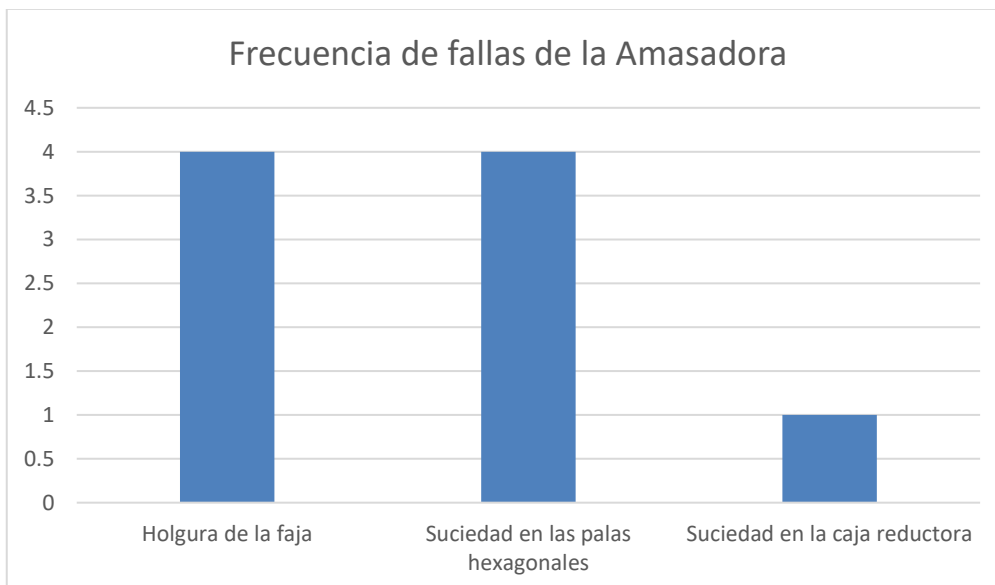


Figura 15: Frecuencia de fallas de la Amasadora

Elaboración: Propia

Para la amasadora, la holgura de la faja tipo V es la falla que reincide constantemente, otro problema es la suciedad presente en las palas hexagonales y la caja reductora, esto tiene que ver con el ambiente en donde se labora.

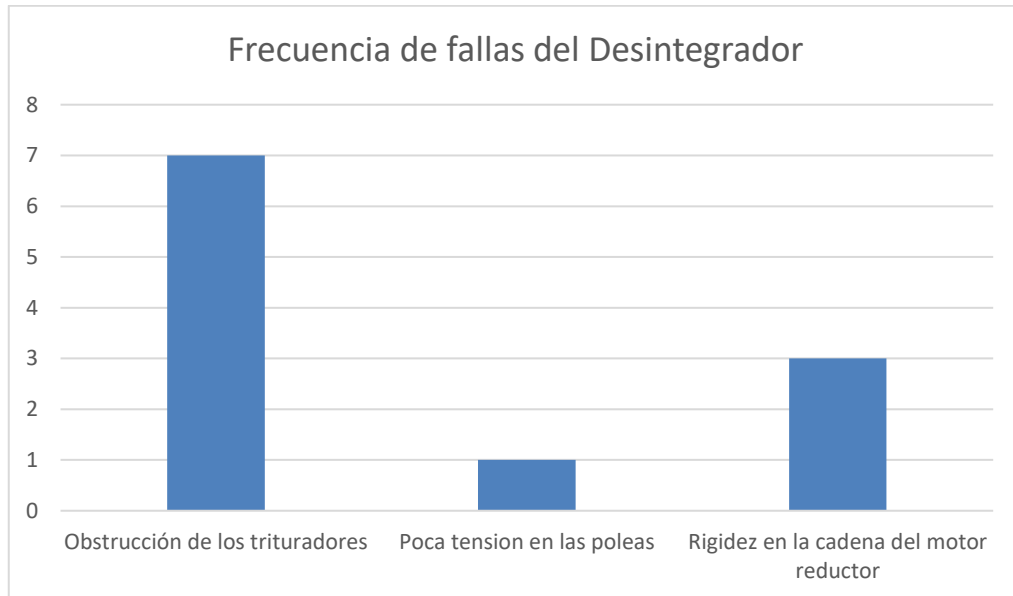


Figura 16: Frecuencia de fallas del Desintegrador

Elaboración: Propia

Como se observa, la obstrucción de los trituradores es frecuente en el desintegrador, luego sigue la rigidez en la cadena del motor reductor y la poca tensión en las poleas.

h) Estimación de Variables

Se tomó como variable independiente al mantenimiento productivo total calculando el tiempo promedio entre fallas, el tiempo promedio en reparación y la efectividad global, para el cálculo de dichas variables se consideró la información obtenida de las máquinas con mayor grado de criticidad. Por otro lado, para la variable dependiente se consideró la productividad del proceso, para ello se tomó en cuenta la Producción real y el tiempo que funciona todo el sistema de producción.

Variable independiente

- **Tiempo promedio entre fallas (MTBF)**

$$MTBF = \frac{\textit{Tiempo total de buen funcionamiento}}{\textit{Cantidad de fallas}}$$

Ecuación 1: Tiempo promedio entre fallas (MTBF)

$$MTBF = \frac{787.5 \textit{ hm}}{50 \textit{ falla}}$$

$$MTBF = 15.75 \textit{ hm/falla}$$

Con respecto al tiempo promedio entre fallas de los equipos vitales y con mayor grado de criticidad su valor es de 15.75 hm / falla, el cual es una cifra significativa que llega a influir en la productividad.

- **Tiempo promedio en reparación (MTTR)**

$$MTTR = \frac{\textit{Tiempo total de correctivos}}{\textit{Cantidad de correcciones}}$$

Ecuación 2: Tiempo promedio en reparación (MTTR)

$$MTTR = \frac{57.5 \textit{ hm} * m}{50 \textit{ correcion} * m}$$

$$MTTR = 1.15 \textit{ hm/correccion}$$

El tiempo promedio de reparación de los equipos analizados es de 1.15 hm / corrección, esto se debe a la falta de planificación para prevenir futuros fallos de los equipos durante el proceso productivo.

- **Efectividad Global**

- ✓ **Disponibilidad**

$$Disponibilidad = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100$$

Ecuación 3: Disponibilidad

$$Disponibilidad = \frac{15.75}{15.75 + 1.15} \times 100$$

$$Disponibilidad = 93.20\%$$

La disponibilidad de los equipos evaluados antes de aplicar el diseño del plan de mantenimiento productivo total es de 93.20%.

- ✓ **Eficacia**

$$Eficacia = \frac{\text{Resultado alcanzado}}{\text{Resultado previsto}} \times 100$$

Ecuación 4: Eficacia

$$Eficacia = \frac{1000 \text{ Tn}}{1200 \text{ Tn}} \times 100$$

$$Eficacia = 83.33\%$$

Se obtuvo un resultado de 83.33% para la eficacia, para ello se tomó en cuenta el resultado alcanzado que es 1000 Toneladas y el resultado previsto que es 1200 Toneladas, al analizar la producción se observó que alrededor de 200 toneladas de ladrillos húmedos se deterioran, debido a que su consistencia no es firme.

- ✓ **Calidad**

$$Calidad = \frac{U. fabricadas - U. defectuosas}{U. fabricadas} \times 100$$

Ecuación 5: Calidad

$$Calidad = \frac{1000 \text{ Tn} - 50 \text{ Tn}}{1000 \text{ Tn}} \times 100$$

$$Calidad = 95.00 \%$$

Como se observa la calidad del ladrillo seco es de 95.00%, esto se debe a que de las 1200 Toneladas que se estima el 4.17% (50 Tn) no se cumple debido a que los

ladrillos se agrietan o desmoronan, esto se debe a las altas temperaturas, el sobre peso de las torres armadas o la mala manipulación de estos.

Variable dependiente

- **Productividad de mano de obra**

$$P_{mo} = \frac{\text{Producción}}{\text{Tiempo total de Producción}}$$

Ecuación 6: Productividad de mano de obra

$$Pp = \frac{1000 \text{ Tn}}{206 \text{ hh}}$$

$$Pp = 4.85 \text{ Tn/hh}$$

La producción es de 1000 Toneladas durante un mes y se laboran 206 horas hombre, estos datos permiten calcular la productividad de la mano de obra, donde se determinó que por cada hora la empresa produce 4.85 *Tn/hh*.

- **Productividad de la maquinaria**

$$Pm = \frac{\text{Producción}}{\text{N}^\circ \text{ de máquinas}}$$

Ecuación 7 Productividad de la maquinaria

$$Pp = \frac{1000 \text{ Tn}}{12 \text{ m}}$$

$$Pp = 83.33 \text{ Tn/m}$$

La producción es de 1000 Toneladas durante un mes y se necesitan 12 máquinas para el proceso, estos datos permitieron identificar que por cada máquina se produce 83.33 *Tn/m*.

Tabla 13. Medición de indicadores (Variable Independiente y dependiente)

VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	RESULTADO	INTERPRETACION
<p>Mantenimiento Productivo Total</p> <p>Es el conjunto de disposiciones técnicas, medios y actuaciones que permiten garantizar que las máquinas, instalaciones y organización ..., pueden desarrollar el trabajo que tienen previsto en un plan de producción en constante evolución por la aplicación de la mejora continua. (Rey Sacristán, 2002)</p>	<p>Medición de tiempos para mantenimiento</p>	<p>Tiempo promedio entre fallas (MTBF)</p>	<p><i>MTBF = 15.75 hm/falla</i></p>	<p>El intervalo de tiempo para que ocurra una falla es de 15.75 Horas máquina.</p>
		<p>Tiempo promedio en reparación (MTTR)</p>	<p><i>MTTR = 1.15 hm/corrección</i></p>	<p>El promedio de reparación de las máquinas analizadas es de 1.15 Horas máquina.</p>
	<p>Efectividad Global</p> <p>EG = DxExC</p> <p>EG = 71.17%</p>	<p>Disponibilidad</p>	<p><i>Disponibilidad = 93.20%</i></p>	<p>La disponibilidad de los equipos analizados durante el proceso productivo es de 93.20%.</p>
		<p>Eficacia</p>	<p><i>Eficacia = 83.33%</i></p>	<p>La eficacia de la producción es de 83.33%.</p>
		<p>Calidad</p>	<p><i>Calidad = 95%</i></p>	<p>La calidad de la producción de ladrillos es de 95%.</p>

Elaboración: Propia

VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSION	INDICADORES	RESULTADO	INTERPRETACION
Productividad	<p>Productividad</p> <p>Es la relación que existe entre producción y el uso inteligente de los recursos humanos, materiales y financieros, de tal manera que: se logre los objetivos institucionales, se mejore la calidad de los productos y servicios al cliente, se fomente el desarrollo de los trabajadores y se contribuya con beneficios económicos, ecológicos y morales a la colectividad. (Rodriguez Combeller, 1993)</p>	<p>Productividad de mano de obra (Pmo)</p>	<p>$Pmo = 4.85 \text{ tn/hh}$</p>	<p>Durante una hora hombre se produce 4.85 Tn.</p>
		<p>Productividad de la maquinaria (Pm)</p>	<p>$Pm = 83.33 \text{ tn/m}$</p>	<p>En un mes cada máquina produce un promedio de 83.33 Tn.</p>

Elaboración propia

3.3. Diseño del Plan de Mantenimiento Productivo

3.3.1. Fase 1: Preparación.

Decisión de Aplicar el TPM en la Empresa

La implementación del TPM empieza con el compromiso de todas las áreas para ejecutar el plan propuesto, una vez puesto en marcha el plan mantenimiento productivo total se obtendrá resultados óptimos y por ende un incremento en la productividad del proceso.

Desarrollar plan de información introductoria

Para desarrollar el plan de información introductoria el gerente y el área correspondiente deben tener conocimiento del plan propuesto y el fin que este tiene. Luego el área administrativa y de mantenimiento realizaran charlas para todo el personal de la empresa, por cada charla se abordará un tema, estas se realizarán antes de empezar las actividades de producción y no tardaran más de 10 minutos. El cronograma se detallará en la siguiente tabla:

Tabla 14. Cronograma de charlas informativas para el plan de información introductoria

Reunión	Día	Tema
Reunión 1	Día 1	Plan propuesto de TPM, objetivos y beneficios de este.
Reunión 1	Día 2	Situación actual de la gestión de mantenimiento y la criticidad de los equipos.
Reunión 1	Día 3	Seguridad de los trabajadores y calidad del servicio.

Elaboración Propia

Como se detalla en la tabla, los temas propuestos toman en consideración el plan propuesto de TPM e información necesaria que permitirán generar conciencia en los colaboradores.

Crear una estructura para el diseño del TPM

Para que se desarrolle el plan de TPM de manera correcta se propuso que la empresa debe tener un Área de Mantenimiento y que este tenga un encargado, luego se asignara cargos con respecto a las responsabilidades dentro de la empresa, considerando el estudio previo, años de labor, conocimientos de cada colaborador, su cargo y las capacidades. Toda esta información se detalló en la siguiente tabla.

Tabla 15. Grupo encargado del Área de Mantenimiento

Nombre	Años de Labor	Conocimientos	Cargo	Habilidad de liderazgo *(1-5)
Gerente	19	Ingeniero civil	Gerencia, supervisión	5
Jefe de Mantenimiento	15	Técnico en mecánica	Supervisión	5
Operario 1	6	Estudios técnicos	Operario retroexcavadora	2
Operario 2	2.5	Estudios técnicos	Operario pedrero	3
Operario 3	1	Estudios técnicos	Operario mezcladora	2
Operario 4	1.6	Estudios técnicos	Operario dosificador	1
Operario 5	3	Estudios técnicos	Operario de formado	1
Operario 6	3.2	Estudios técnicos	Operario de maquinaria	4
Operario 7	1	Estudios técnicos	Operario de maquinaria	2
Operario 8	1.5	Estudios técnicos	Operario motorista	1

Elaboración propia

Tomando en cuenta la tabla anterior y sus características, se asignarán las siguientes funciones:

1. Capacidad de trabajar en grupo y versatilidad.
2. Generar un óptimo clima laboral.
3. Mantener las máquinas disponibles y con eficaz funcionamiento durante el proceso productivo.
4. Hacer el correcto seguimiento de los indicadores establecidos.
5. Identificar los problemas de mantenimiento en un periodo establecido.
6. Corregir los factores que interfieren con la productividad.

Así mismo, se asignó algunas funciones al jefe de mantenimiento, el cual se encargará de supervisar el diseño propuesto del plan de mantenimiento productivo total, estas se detallan a continuación:

1. Planificar y asignar actividades a los colaboradores a cargo.
2. Coordinar y supervisar los trabajos de implementación del TPM.
3. Detallar en un informe los problemas ocurridos durante el proceso productivo.
4. Rutinas diarias de inspección para los equipos e instalaciones.
5. Se encargará de mantener informados a los colaboradores, de todo cambio o propuesta para la mejora continua del TPM.
6. Cumplir con las políticas y estrategias establecidas por la empresa.

Establecer las políticas y objetivos para el TPM

Para que los colaboradores y clientes vean el compromiso de implementar el plan de TPM, se considera tener un documento donde se valide la aprobación de la gerencia y además, las políticas y objetivos. Estas se detallaron ANEXO n°4 y n°5 correspondientemente.

Diseño del plan maestro para el desarrollo del TPM

El plan maestro está desarrollado en 4 fases las cuales están detalladas en el siguiente esquema.

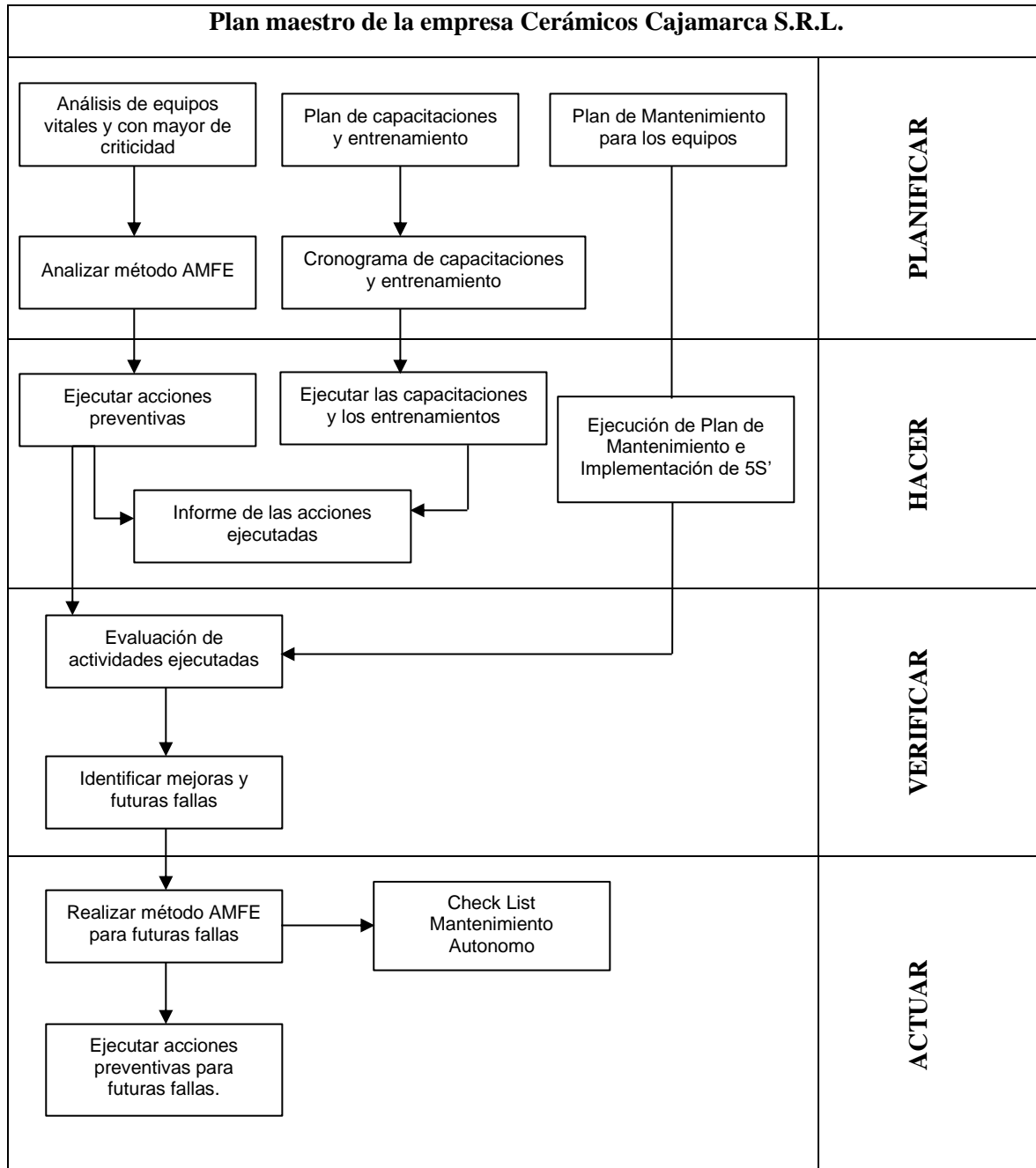


Figura 17: Plan Maestro de la empresa Cerámicos Cajamarca S.R.L.

En la primera fase se analizará los equipos vitales y con mayor grado de criticidad, el plan de capacitaciones y entrenamiento, y finalmente el plan de mantenimiento para la maquinaria, este análisis ayudara a que los colaboradores tengan claro los objetivos de

este estudio, para la segunda fase se ejecutaran las actividades y se redactara un informe especificando todo lo realizado. Para la tercera fase, se evaluará las actividades que se realizaron y se identificara las mejoras y las futuras fallas. Para finalizar, se realizará el método AMFE para las futuras fallas y con ello las acciones preventivas.

Plan de charlas

Dentro del plan de mantenimiento productivo total se consideró un plan de charlas, estas serán dadas antes de empezar a laborar y tomarán de 10 a 15 minutos tomando en consideración temas fundamentales que ayuden a lograr los objetivos propuestos, los temas se expondrán semanalmente con el fin de informar y comprometer a los colaboradores en la ejecución de este plan. Por ello, en la siguiente tabla se detallará los temas y el cronograma para su ejecución.

Tabla 16. Plan de charlas

TEMAS	2019																2020																			
	NOVIEMBRE				DICIEMBRE				ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO							
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4				
Gestión de Mantenimiento de la empresa	X								X								X												X							
Políticas y objetivos del Mantenimiento	X								X								X												X							
Análisis de la maquinaria		X								X								X												X						
Fallas frecuentes en la maquinaria		X								X								X												X						
Análisis de AMFE y entrenamiento			X								X								X												X					
Seguridad y Salud ocupacional				X								X								X												X				
Análisis de posibles fallas futuras					X							X								X												X				
Adecuada manipulación del material					X							X								X												X				

Elaboración propia

3.3.2. Fase 2: Introducción

Lanzamiento del TPM

Para el lanzamiento del mantenimiento productivo total incluye a todos los stakeholders, por ello se sugiere al gerente general de la empresa Cerámicos Cajamarca S.R.L. dar conocimiento a todos estos a través de un comunicado mencionando que la empresa ha optado implementar el plan diseñado de TPM con el fin de obtener mejores resultados en la productividad. En el comunicado se detallará el diseño del plan de mantenimiento, plan de capacitaciones, políticas y objetivos, y por último el análisis de las máquinas vitales y con mayor grado de criticidad.

3.3.3. Fase 3: Implantación

Mejora de la efectividad de las máquinas

Para mejorar la efectividad de la maquinaria, primero se identificó los equipos con mayor grado de criticidad (extrusora, laminadora 1, amasadora, desintegradora), luego se hizo un análisis de las fallas más frecuentes en estos, las cuales permitirán actuar sobre estas mediante el método AMFE.

El desarrollo de habilidades y capacidades de los colaboradores es importante para la ejecución del plan de mantenimiento, por ello a través del entrenamiento podemos obtener mejores resultados.

Análisis de modo y efecto de Fallas (AMFE)

Una vez identificado las fallas más frecuentes de los equipos ya mencionados, se procedió a realizar un análisis de modo y efectos de fallas (AMFE), para ello se analizará el fallo con sus efectos y causas, seguido se asignaran valores a los indicadores de Gravedad (G), Probabilidad (P) y Grado de control (D) según las tablas de ponderación expuestas en el libro Mantenimiento Industrial (Gallara & Pontelli, 2014), luego se calculará el indicador IPR y se tomaran acciones preventivas para disminuir los fallos presentes. A continuación, se detallarán las tablas de ponderación para luego realizar el método AMFE.

Tabla 17. Ponderación de gravedad

Gravedad del efecto	G	Descripción
Muy crítico	4	La falla afecta a la producción bloqueando el flujo productivo y parando la planta.
Crítico	3	La falla afecta a la producción reduciendo el flujo productivo.
Importante	2	La falla afecta a la producción, pero se mantiene el flujo productivo.
Secundario	1	La falla afecta a la producción ocasionando demoras en el flujo productivo.

Fuente: Libro “Mantenimiento Industrial” (Gallara & Pontelli, 2014)

Tabla 18. Ponderación de probabilidad

Probabilidad de ocurrencia	P	Descripción
Muy crítico	5	Una falla o más fallas por turno de 8hs.
Alta	4	Una falla entre un turno de 8hs y 40 días de 24 hs.
Moderada	3	Aproximadamente 1 falla entre 40 días y 6 meses.
Baja	2	Aproximadamente 1 falla entre 6 meses y 1 año.
Muy baja	1	1 falla después de 1 año.

Fuente: Libro “Mantenimiento Industrial” (Gallara & Pontelli, 2014)

Tabla 19. Ponderación de la capacidad de detección

Gravedad del efecto	D	Descripción
Remota	5	Es casi imposible la detección de la falla con los métodos actuales
Escasa	4	La falla se detecta mediante el desarme del equipo o puede ocurrir en lugares de difícil acceso o el método de control no es confiable.
Probable	3	El método de control requiere de permanente inspección y no es lo suficientemente confiable
Moderada	2	El método de inspección puede detectar la falla cuando se produce y es confiable.
Segura	1	El método de control es muy confiable, detecta seguramente la falla con anticipación a su aparición.

Fuente: Libro “Mantenimiento Industrial” (Gallara & Pontelli, 2014)

Una vez detallado las tablas de ponderación se procederá a realizar el método AMFE para los equipos con mayor grado de criticidad.

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS														
Responsables/Revisión: Tesistas			Máquina analizada: Extrusora			N° de máquinas: 1			Fecha de revisión: 14/12/2019					
FUNCIÓN PROCESO	FALLO			Controles actuales	Valores analizados				Acciones preventivas	Frecuencia	Nuevos Valores			
	Modo	Efecto	Causa		G	P	D	IPR			G	P	D	IPR
Extrusión del material usado para la elaboración del ladrillo	Problema de Flujo en la tolva de alimentación.	Desplazamiento frenado del material usado para elaborar los ladrillos.	Problema de flujo debido a rocas y restos de plantas.	Un colaborador selecciona el material usando palas.	4	4	2	32	La selección del material debe realizarlo dos colaboradores.	Diario	2	4	1	8
	Variaciones en la velocidad del tornillo.	Variación en la velocidad del flujo del material.	Rose generado entre el tornillo y las plantas, o las rocas.	No existen.	3	4	5	60			2	2	1	4
	Capacidad de mezclado insuficiente.	El material mezclado no es uniforme.	Demora para obtener un material uniforme.	Un colaborador inspecciona que el material mezclado sea uniforme.	2	4	1	8						

Figura 18: Análisis modal de fallos y efectos - extrusora

Elaboración: Propia

Se desarrolló el AMFE de la extrusora teniendo como resultado que la variación de la velocidad del tornillo genera un IPR de 60, puesto que no existe un control actual de dicho fallo, al realizar las acciones preventivas con una frecuencia diaria se espera disminuir a un valor de 4 el IPR.

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS														
Responsables/Revisión: Tesistas			Máquina analizada: Laminador			N° de máquinas: 2			Fecha de revisión: 14/12/2019					
FUNCIÓN PROCESO	FALLO			Controles actuales	Valores analizados				Acciones preventivas	Frecuencia	Nuevos Valores			
	Modo	Efecto	Causa		G	P	D	IPR			G	P	D	IPR
Laminado del material usado para la elaboración del ladrillo.	Obstrucción de los rodillos.	Paro del proceso productivo.	Obstrucción debido a agentes externos.	Un colaborador selecciona el material usando palas.	4	5	3	60	La selección del material debe realizarse por operadores.	Diario	2	3	2	12
	Disminución de velocidad de los rodillos.	Disminución del flujo productivo.	Falta de engrase en los rodamientos.	Engrase de los rodillos cada dos semanas.	3	4	4	48	Engrase de los rodillos.	Semanal	2	3	2	12
	Desgaste de uniones.	Aberturas en las uniones del motor del ventilador.	Vibraciones al accionar el laminador.	No existen.	3	4	4	48	Fijación del motor del ventilador.	Mensual	2	2	1	4

Figura 19: Análisis modal de fallos y efectos - laminadora

Elaboración: Propia

En la figura anterior al realizar el AMFE en la laminadora se tiene como resultado que la obstrucción en los rodillos tiene un valor de IPR de 60, debido a que en los controles actuales el colaborador selecciona el material usando palas, con una frecuencia preventiva diaria se pesera bajar el valor de IPR a 12.

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS														
Responsables/Revisión: Tesistas		Máquina analizada: Amasadora		N° de máquinas: 1				Fecha de revisión: 14/12/2019						
FUNCIÓN PROCESO	FALLO			Controles actuales	Valores analizados				Acciones preventivas	Frecuencia	Nuevos Valores			
	Modo	Efecto	Causa		G	P	D	IPR			G	P	D	IPR
Amasado del material usado para la elaboración del ladrillo.	Holgura en las bandas.	Paro de la maquinaria.	Vibraciones al accionar la amasadora.	El operario calibra las bandas cuando se da la falla.	4	5	3	60	Inspección y calibración del sistema de bandas.	Semanal	4	3	1	12
	Suciedad en las palas hexagonales.	Desgaste de ejes.	Falta de limpieza para la maquinaria.	La limpieza de las palas es cada dos semanas.	3	5	3	45	La limpieza general de las palas	Semanal	2	3	1	6
	Suciedad en la caja reductora	Disminución del flujo productivo.		No existe.	3	4	5	60	Limpieza general de la caja reductora	Semanal	3	3	1	9

Figura 20: Análisis modal de fallos y efectos - amasadora

Elaboración: Propia

Al realizar en análisis modal de fallos y efectos en la amasadora se tiene el valor más grande de IPR de 60 en la holgura de la banda, debido a que en los controles actuales el operario calibra las bandas cuando se da la falla y se espera que con las acciones preventivas semanales baje a 12 el valor del IPR. Así mismo, la suciedad en la caja reductora no tiene un control actual compartiendo el valor de 60 para el IPR, se espera que con las acciones preventivas semanales disminuya a un valor de 9 en el IPR.

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS														
Responsables/Revisión: Tesistas			Máquina analizada: Desintegradora			N° de máquinas: 1			Fecha de revisión: 14/12/2019					
FUNCIÓN PROCESO	FALLO			Controles actuales	Valores analizados				Acciones preventivas	Frecuencia	Nuevos Valores			
	Modo	Efecto	Causa		G	P	D	IPR			G	P	D	IPR
Desintegrado del material	Obstrucción de los trituradores.	Paro de la producción.	Agentes externos al material usado.	Un colaborador selecciona el material usando palas.	4	5	3	60	La selección del material debe realizarlo dos operadores.	Diaria	4	3	1	12
	Poca tensión en las poleas.	Disminución en el flujo productivo.	Holgura de las poleas.	El operador calibra la tensión de las poleas cada que se presenta la falla	3	4	4	48	Ajuste de poleas con llave de corona	Semanal	3	3	1	9
	Rigidez en la cadena del motor reductor.		Acumulación de polvo y agentes externos.	Limpieza y engrase de la cadena cada que se presenta la falla.	3	4	4	48	Limpieza y engrase de la cadena.	Diaria	3	2	1	6

Figura 21: Análisis modal de fallos y efectos - desintegradora

Elaboración: Propia

En la tabla anterior, al realizar el AMFE se tiene como valor más grande 60 IPR, la obstrucción de las trituradoras tiene como control actual que el colaborador seleccione el material solo usando una pala, al realizar las acciones preventivas diarias se estima que el valor del IPR baje a 12.

Entrenamiento (Mejora continua de las habilidades de los operarios)

El objetivo del entrenamiento es que el operario o colaborador pueda manejar de manera adecuada el producto, además, de que sea capaz de identificar las fallas presentes en el área de producción, con el fin de que puedan ser eliminados con anticipación, y a su vez reducir tiempos de demora e incrementar la productividad.

Por eso es necesario que todos los involucrados sepan cuales son los equipos vitales y con mayor grado de criticidad, las fallas más frecuentes en estas, el análisis AMFE y las acciones preventivas tomadas para estas.

Para lograr el objetivo se sugiere el uso de la siguiente ficha para evaluar las competencias que se puede observar a continuación.

CERAMICOS CAJAMARCA S.R.L.		
Nº de Competencia	Competencias para el desarrollo del trabajo	Observaciones
1	Manejo adecuado de la maquinaria durante la producción	
2	Manejo adecuado del producto	
3	Identificación de fallas	
4	Cumple con sus responsabilidades dentro del área	
5	Se retro informa con el fin de aumentar sus conocimientos	
6	Fija parámetros y estándares deseables	
7	Verifica progresivamente el funcionamiento de la máquina	
8	Participar en análisis de problemas ante alguna falla	
9	Conocimiento y aplicación de un Mantenimiento preventivo.	
10	Transmitir informaciones a sus supervisores	
11	Asegurar la correcta ejecución de las operaciones manuales	
12	Tener conocimiento del TPM aplicado en la empresa	
13	Mantener las máquinas adecuadas aplicando el TPM	
Valoración: Responsable de Unidad		

Figura 22: Competencias para el desarrollo del trabajo

Elaboración propia

Una vez realizada la ficha de valuación de cada uno de sus operarios de acuerdo a los resultados el gerente general debe de realizar la confirmación para las charlas, capacitaciones, entrenamiento de acuerdo a las necesidades de sus operarios.

- **Mejora de la Efectividad de las máquinas**

Establecer un formato de capacitaciones

Para la capacitación de los trabajadores sobre las actividades de mantenimiento productivo total, primero se debe informar a la gerencia con la finalidad de que conozcan los beneficios y ventajas que esta trae, luego el área de mantenimiento coordinará una capacitación a la gerencia y la parte administrativa, informando sobre las actividades, el cronograma de actividades y el análisis de costo de todo el plan de mantenimiento, de esta manera todas partes involucradas tendrán un mismo objetivo.

En seguida, la alta gerencia informará a los trabajadores sobre el plan de mantenimiento que llevara a cabo en la empresa y en conjunto al área de mantenimiento se llevara a cabo la capacitación del personal. En la capacitación se tendrá en cuenta lo siguiente:

- El cronograma de capacitación para los trabajadores.
- Analizar formato de capacitación.
- Análisis de los equipos con la que la empresa cuenta.
- Las actividades que involucran el mantenimiento productivo total como; inspección, lubricación, calibración, limpieza y mantenimiento eléctrico para los equipos con más fallas y mayor grado de criticidad.

Una vez terminada la capacitación, realizar actividades de campo con el fin de tener mayor conocimiento sobre lo que trata el tema de mantenimiento productivo total. Finalmente, tener un registro de los formatos de capacitación para los trabajadores de la empresa, tal como se muestra en el Anexo n°6.

Tabla 20. Cronograma de capacitaciones de enero a junio

ACTIVIDAD	CRONOGRAMA DE CAPACITACION																							
	Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio			
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
Identificación y análisis de los equipos				x																				
Capacitación de la actividad de inspección									x										x					
Capacitación de la actividad de lubricación				x								x											x	
Capacitación de la actividad de calibración				x								x											x	
Capacitación de la actividad de limpieza												x								x				
Capacitación de la actividad de mantenimiento eléctrico																x								

Elaboración: Propia

Tabla 21. Cronograma de capacitaciones de Julio a diciembre

ACTIVIDAD	CRONOGRAMA DE CAPACITACION																							
	Julio				Agosto				Setiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre			
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
Identificación y análisis de los equipos				X																				
Capacitación de la actividad de inspección								X								X								X
Capacitación de la actividad de lubricación				X								X								X				
Capacitación de la actividad de calibración				X								X								X				
Capacitación de la actividad de limpieza								X								X								X
Capacitación de la actividad de mantenimiento eléctrico												X												X

Elaboración: Propia

Como se detalla en las tablas la actividad de identificación y análisis de equipos se darán en los meses de enero y junio, esto se debe a que el personal sabe el correcto funcionamiento de los equipos, para lo cual no es necesario la constante capacitación en este punto.

Para la capacitación de actividades como inspección y limpieza se darán cada dos meses, esto se debe a la constante inspección y limpieza de los equipos más vitales y con mayor grado de criticidad, por último, la capacitación iniciará en febrero y finalizará en el mes de diciembre.

Para la capacitación de calibración y lubricación también se realizarán cada dos meses, ya que se consideró conveniente que la primera y cuarta capacitación se den junto a la identificación y análisis de equipos puesto que de esta manera se tendrá mayor conocimiento de dichas actividades.

Por otro lado, la capacitación de actividades de mantenimiento eléctrico se realizará cada tres meses. Para finalizar, cada capacitación se dará en la cuarta semana de cada mes.

Mantenimiento Autónomo

Al analizar los equipos críticos mediante el método AMFE, nos permitió identificar las fallas y sus posibles acciones preventivas, por ello el mantenimiento autónomo permite que el operador realice estas acciones preventivas evitando que el área de mantenimiento intervenga, para lo cual se utilizará el siguiente Check List antes de empezar a laborar.

- Formato de Check List de Mantenimiento Autónomo

CHECK LIST DE MANTENIMIENTO AUTONOMO				
OPERARIO:				FECHA: / /
MÁQUINA:				
Mantenimiento programado				
Actividades de mantenimiento	Descripción general del trabajo	Hora		Observaciones
		Inicio	Fin	
Inspección				
Lubricación				
Calibración				
Limpieza				
Mantenimiento eléctrico				
Mantenimiento no programado				
Actividades de mantenimiento	Descripción general del trabajo	Hora		Observaciones
		Inicio	Fin	
Inspección				
Lubricación				
Calibración				
Limpieza				
Mantenimiento eléctrico				

Figura 23: Formato de Check List de Mantenimiento Autónomo

Elaboración: Propia

Como se observa, el operador al iniciar su labor puede identificar si el equipo requiere acciones preventivas mediante este Check List, incluso informar si la acción que va a realizar es programada o no.

a. Desarrollo de cronograma de actividades para el mantenimiento

Con lo analizado anteriormente, se identificó que es necesario contar con un cronograma de actividades para el mantenimiento de los equipos con mayor grado de criticidad, de esta manera se lograra incrementar la productividad del proceso. A continuación, se detallará las actividades de mantenimiento.

a) Programa de mantenimiento para la Extrusora

El diseño del sistema de gestión evitara que la extrusora no tenga fallas durante el proceso productivo y de esta manera se evitara las fallas durante el proceso productivo.

- **Inspección**

Para verificar su funcionamiento mediante inspecciones, se debe tener en cuenta las piezas que contiene el motor principal, la caja de engranajes, el túnel y husillo, cabezal, rin de aire, rodillos de tiro y el bobinador.

- **Lubricación**

Las partes que se debe lubricar son la bomba de lubricación, partes móviles, rodamientos, rodillos, bobinadores y sistema de transmisión general.

- **Calibración**

Al calibrar se debe tener en cuenta las partes con las que cuenta el túnel y husillo, el cabezal, el rin de aire, la canasta de sujeción del globo, los rodillos de tiro y el bobinador.

- **Limpieza**

La limpieza del equipo es importante puesto que esto lograra un mejor funcionamiento durante el proceso de producción, se debe tener en cuenta la limpieza interna y externa del equipo

- **Mantenimiento Eléctrico**

El mantenimiento electrónico se debe realizar en las partes donde existan resistencias, cables y circuitos eléctricos

Cronogramas de Actividades para la Extrusora

Tabla 22. Cronograma de actividades de Inspección - Extrusora

ELEMENTOS DE LA EXTRUSORA	DESCIPCION DE LA INSPECCION	PERIODO DE LA ACTIVIDAD			
		DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	SEMESTRAL
MOTOR	Inspección del motor				X
	Inspección de sistema de banda de poleas			X	
CAJA DE ENGRANAJES	Inspección de rodamientos, retenedores y piñones		X		
	Inspección de sistema de enfriamiento			X	
TUNEL Y HUSILLO	Inspección de filtro		X		
	Inspección de resistencias eléctricas		X		
	Inspección de sistema de enfriamiento			X	
	Inspección de motor de ventiladores			X	
CABEZAL	Inspección de resistencia eléctricas y pernos de calibración		X		
	Inspección de moldes y rodamientos		X		
RIN DE AIRE	Inspección de mangueras, abrazaderas y filtros	X			
RODILLOS DE TIRO	Inspección de rodamientos y rodillos		X		
	Inspección de abanicos y fulleros			X	
BOBINADOR	Inspección de rodillos del bobinador		X		
	Inspección de sistema de transmisión general			X	

Elaboración: Propia

Tabla 23. Cronograma de actividades de Lubricación - Extrusora

ELEMENTOS DE LA EXTRUSORA	DESCIPCION DE LA LUBRICACION	PERIODO DE LA ACTIVIDAD			
		DIARIO	SEMANTAL	MENSUAL	SEMESTARL
CAJA DE ENGRANAJES	Cambio de aceite para la bomba de lubricación		X		
CANASTA – SUJECION GLOBO	Lubricación de partes móviles		X		
RODILLOS DE TIRO	Lubricación de rodamientos		X		
	Lubricación de rodillos bobinadores		X		
BOBINADOR	Lubricación de sistema neumático			X	
	Lubricación de sistema de transmisión general			X	

Elaboración: Propia

Tabla 24. Cronograma de actividades de Calibración - Extrusora

ELEMENTOS DE LA EXTRUSORA	DESCIPCION DE CALIBRACION	PERIODO DE LA ACTIVIDAD			
		DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	SEMESTRAL
MOTOR	Calibración de sistema de banda de poleas			X	
CAJA DE ENGRANAJES	Calibración de rodamientos		X		
	Calibración de retenedores y piñones		X		
TUNEL Y HUSILLO	Calibración del túnel		X		
	Calibración de bandas calentadoras		X		
	Calibración de pernos		X		
CABEZAL	Calibración de rodamientos		X		
	Calibración de moldes		X		
	Calibración de cabezal		X		
RIN DE AIRE	Alineación y Nivelación de mangueras y abrazaderas	X			
CANASTA – SUJECION GLOBO	Alineación de la canasta de sujeción del globo		X		
RODILLOS DE TIRO	Calibración de rodamientos y rodillos		X		
	Calibración de abanicos y fulleros			X	
BOBINADOR	Calibración de rodillos del bobinador		X		

Elaboración: Propia

Tabla 25. Cronograma de actividades de Limpieza - Extrusora

ELEMENTOS DE LA EXTRUSORA	DESCRIPCION DE LA LIMPIEZA	PERIODO DE LA ACTIVIDAD			
		DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	SEMESTRAL
MOTOR	Limpieza de ventiladores		X		
	Limpieza general del motor		X		
CAJA DE ENGRANAJES	Limpieza general de caja de cambio y aceite		X		
	Limpieza general del túnel y husillo		X		
TUNEL Y HUSILLO	Cambio de filtros		X		
	Limpieza de termocuplas		X		
CABEZAL	Limpieza general del cabezal		X		
	Limpieza de asiento de termocuplas		X		
RIN DE AIRE	Limpieza general del rin de aire		X		
	Limpieza de turbina de Blower		X		
CANASTA – SUJECION GLOBO	Limpieza general de canasta de sujeción del globo		X		
RODILLOS DE TIRO	Limpieza general de rodillos de tiro		X		
BOBINADOR	Limpieza general de bobinador		X		

Elaboración: Propia

Tabla 26. Cronograma de actividades de mantenimiento eléctrico - Extrusora

ELEMENTOS DE LA EXTRUSORA	DESCRIPCION DE MANTENIMIENTO ELECTRICO	PERIODO DE LA ACTIVIDAD			
		DIARIO	SEMANTAL	MENSUAL	SEMESTRAL
MOTOR PRINCIPAL	Control de motor DC				X
	Control de motor de ventilador				X
PANEL DE CONTROL	Control y calibración electrónico de velocidad		X		
	Control de contactores del tablero		X		
	Control de terminales de conexión		X		
TUNEL Y HUSILLO	Control de resistencias eléctricas		X		
	Control de terminales de conexión		X		
CABEZAL	Control de motores de ventilador				X
	Control de resistencias eléctricas		X		
RIN DE AIRE	Control y calibración de termocuplas		X		
	Control de motor Blower				X
RODILLOS DE TIRO	Control de motor de rodillos de tiro				X
BOBINADOR	Control de motor de bobinador				X

Elaboración Propia

b) Programa de mantenimiento para Laminadora

El plan de mantenimiento productivo total para estos equipos servirá para evitar las fallas durante el proceso productivo, ya que el laminador 1 es uno del equipo con más correcciones durante el mes.

- **Inspección**

Se debe verificar de manera constante el anillo de entrada de gases, la mesa de molienda, los balancines, los rodillos, cabina hidráulica, sistema de amortiguación, ventilador de aire de sellado accionamiento de molino, la unidad de lubricación del reductor del molino, sistema de extracción de rodillos, válvulas de tiro y ventilador de tiro.

- **Lubricación**

Las partes que se debe lubricar son los rodillos, amortiguadores y elementos que lo necesiten.

- **Calibración**

Al calibrar se debe tener en cuenta las partes como los rodillos, engranajes y motores.

- **Limpieza**

La limpieza del laminador es importante porque permite un mejor funcionamiento durante el proceso de producción, se debe tener en cuenta la limpieza interna y externa del equipo

- **Mantenimiento Eléctrico**

El mantenimiento electrónico se debe realizar en las partes donde existan resistencias, cables y circuitos eléctricos.

Cronograma de Actividades para la laminadora

Tabla 27. Cronograma de actividades de Inspección - Laminadora

ELEMENTOS DE LA LAMINADORA	DESCRIPCION DE LA INSPECCION	PERIODO DE LA ACTIVIDAD			
		DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	SEMESTRAL
ANILLO DE ENTRADA DE GAS	Inspección de daños en recubrimiento y corrosión			X	
MESA DE MOLIENDA	Inspección de daños y desgaste de uniones soldadas			X	
BALANCIN	Inspección de daños en el brazo		X		
	Inspección en los rodamientos y amortiguadores		X		
RODILLOS	Inspección de daños y desgaste			X	
	Inspección de eje del rodillo		X		
CABINA HIDRAULICA	Inspección de bomba hidráulica		X		
	Inspección de motor y sistemas de bandas y poleas				X
VENTILADOR	Inspección del ventilador		X		
ACCIONAMIENTO DEL MOLINO	Inspección de motor y sistemas de bandas y poleas				X
	Inspección de daños causados por el material				X
SISTEMA EXTRACCION RODILLOS	Inspección de su funcionamiento	X			

Elaboración: Propia

Tabla 28. Cronograma de actividades de Lubricación - Laminadora

ELEMENTOS DE LA LAMINADORA	DESCRIPCION DE LA LUBRICACION	PERIODO DE LA ACTIVIDAD			
		DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	SEMESTRAL
SISTEMA DE AMORTIGUACION	Engrasar los rodamientos del cilindro		X		
BALANCIN	Engrasar el balancín		X		
RODILLOS	Nivelar el aceite en el eje del rodillo		X		
CABINA HIDRAULICA	Nivelar el aceite en la bomba hidráulica		X		
	Engrasar los rodamientos del motor		X		
VENTILADOR	Engrasar los rodamientos del motor del ventilador		X		
ACCIONAMIENTO DEL MOLINO	Engrasar los rodamientos del motor del accionamiento del molino		X		
	Nivelar el aceite en el reductor		X		

Elaboración: Propia

Tabla 29. Cronograma de actividades de Calibración - Laminadora

ELEMENTOS DE LA LAMINADORA	DESCRIPCION DE LA CALIBRACION	PERIODO DE LA ACTIVIDAD			
		DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	SEMESTRAL
BALANCIN	Calibrar los rodamientos		X		
SISTEMA DE AMORTIGUACION	Fijar el cilindro			X	
RODILLOS	Calibrar la fijación de bulones			X	
	Calibrar la distancia entre rodillo y mesa molienda		X		
CABINA HIDRAULICA	Engranar rodamientos en el motor		X		
VENTILADOR	Fijar el motor del ventilador			X	
ACCIONAMIENTO DEL MOLINO	Fijar el motor			X	
	Fijación del reductor			X	

Elaboración: Propia

Tabla 30. Cronograma de actividades de Limpieza - Laminadora

ELEMENTOS DE LA LAMINADORA	DESCRIPCION DE LA LIMPIEZA	PERIODO DE LA ACTIVIDAD			
		DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	SEMESTRAL
CUERPO DEL RODILLO	Limpieza general del cuerpo del rodillo	X			
MESA DE MOLIENDA	Limpieza general de la mesa de molienda	X			
CABINA HIDRAULICA	Limpieza general de la cabina hidráulica	X			
	Limpieza externa de la bomba hidráulica		X		
VENTILADOR	Limpieza general del ventilador		X		
	Limpieza de las rejillas del ventilador		X		

Elaboración: Propia

Tabla 31. Cronograma de actividades de mantenimiento eléctrico - Laminadora

ELEMENTOS DE LA LAMINADORA	DESCRIPCION DEL MANTENIMIENTO ELECTRICO	PERIODO DE LA ACTIVIDAD			
		DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	SEMESTRAL
BALANCIN	Comprobar las conexiones eléctricas		X		
CABINA HIDRAULICA	Comprobar funcionamiento de la bomba hidráulica	X			
	Comprobar el apriete de las conexiones		X		
	Comprobar el funcionamiento del motor	X			
VENTILADOR	Comprobar el funcionamiento del ventilador	X			
ACCIONAMIENTO DEL MOLINO	Comprobar el funcionamiento del motor	X			
SISTEMA EXTRACCION RODILLOS	Comprobar el funcionamiento del reductor	X			
	Comprobar el funcionamiento del cilindro	X			

Elaboración: Propia

c) Programa de mantenimiento para la amasadora

A continuación, se detallará el plan de mantenimiento para amasadora.

- **Inspección**

Se debe verificar de manera constante el estado de las poleas, la caja reductora los ejes hexagonales porta palas los rodamientos y chumacera.

- **Lubricación**

Las partes que se debe lubricar son el sistema de embrague mecánico, palas hexagonales y elementos que lo necesiten.

- **Calibración**

Al calibrar se debe tener en cuenta las partes como los engranajes palas de compresión y motores.

- **Limpieza**

La limpieza de la amasadora es importante porque permite un mejor funcionamiento durante el proceso de producción de la máquina, se debe tener en cuenta la limpieza interna y externa de la máquina.

- **Mantenimiento Eléctrico**

El mantenimiento electrónico se debe realizar en las partes donde existan resistencias, sensores y circuitos eléctricos.

Cronograma de Actividades para la amasadora

Tabla 32. Cronograma de actividades de Inspección - amasadora

ELEMENTOS DE LA AMASADORA	DESCRIPCION DE LA INSPECCION	PERIODO DE LA ACTIVIDAD			
		DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	SEMESTRAL
MOTOR	Inspección de rodajes y temperatura		X		
PALAS PRINCIPALES	Inspección de palas hexagonales	X			
	Inspección de ejes	X			
	Cambio de palas hexagonales			X	
CHUMACERAS	Inspección de daños y desgaste			X	
ACCIONAMIENTO DE LA MOLEDORA	Inspección de motor y sistemas de bandas		X		
	Inspección de los rodajes		X		

Elaboración propia

Tabla 33. Cronograma de actividades de Lubricación - amasadora

ELEMENTOS DE LA AMASADORA	DESCRIPCION DE LA LUBRICACION	PERIODO DE LA ACTIVIDAD			
		DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	SEMESTRAL
CAJA REDUCTORA	Engrasar engranajes		X		
EJES HEXAGONALES	Engrasar ejes		X		
PORTA PALAS					
PALAS HEXAGONALES	Engrasar palas		X		
SISTEMA DE EMBRAGUE MECÁNICO	Nivelar el aceite del embrague		X		
RODAMIENTOS	Engrasar los rodamientos		X		
CHUMACERA	Engrasar partes de chumacera		X		

Elaboración: Propia

Tabla 34. Cronograma de actividades de Calibración - amasadora

ELEMENTOS DE LA AMASADORA	DESCRIPCION DE LA CALIBRACION	PERIODO DE LA ACTIVIDAD			
		DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	SEMESTRAL
FAJAS EN V	Fijar las fajas de rodamiento	x			
PALAS DE COMPRESION FINAL	Ajuste de las palas		x		

Elaboración propia

Tabla 35. Cronograma de actividades de Limpieza - amasadora

ELEMENTOS DE LA AMASADORA	DESCRIPCION DE LA LIMPIEZA	PERIODO DE LA ACTIVIDAD			
		DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	SEMESTRAL
PALAS HEXAGONALES	Limpieza general de palas		X		
RODAMIENTOS	Limpieza general De rodamientos		X		
CAJA REDUCTORA	Limpieza general de la caja reductora		X		
CHUMACERA	Limpieza general de chumacera		X		
	Limpieza de la rejilla	X			

Elaboración: Propia

Tabla 36. Cronograma de actividades de mantenimiento eléctrico - amasadora

ELEMENTOS DE LA AMASADORA	DESCRIPCION DEL MANTENIMIENTO ELECTRICO	PERIODO DE LA ACTIVIDAD			
		DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	SEMESTRAL
MOTOR	Medida del amperaje		X		
RELEE TERMICO	Inspección del relee		X		
	Reseteó del relee			X	
CONTADOR ELECTRICO	Cambio del contador eléctrico				X
LLAVE TERMOMAGNÉTICA	Inspección de la llave		X		

Elaboración: Propia

d) Programa de mantenimiento para la desintegradora

A continuación, se detallará el plan de mantenimiento para la desintegradora.

- **Inspección**

Para verificar su funcionamiento mediante inspecciones, se debe tener en cuenta las piezas que contiene el motor principal, motor reductor, trituradoras, zaranda, ejes porta martillos, martillos, camisetas, rodamientos.

- **Lubricación**

Las partes que se debe lubricar son las chumaceras, ejes porta martillos, rodamientos, cadena de motor reductor y sistema de transmisión general.

- **Calibración**

Al calibrar se debe tener en cuenta las partes con las que cuenta las fajas en C, polea motriz, polea conducida y eje principal.

- **Limpieza**

La limpieza del equipo es importante puesto que esto lograra un mejor funcionamiento durante el proceso de producción, se debe tener en cuenta la limpieza interna y externa del equipo.

- **Mantenimiento Eléctrico**

El mantenimiento electrónico se debe realizar en las partes donde existan resistencias, cables y circuitos eléctricos.

Cronograma de Actividades para la desintegradora

Tabla 37. Cronograma de actividades de Inspección - desintegradora

ELEMENTOS DE LA DESINTEGRADORA	DESCRIPCION DE LA INSPECCION	PERIODO DE LA ACTIVIDAD			
		DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	SEMESTRAL
MOTOR	Inspección general del motor			X	
MOTOR REDUCTOR	Inspección de nivel de aceite	X			
TRITURADORAS	Inspección de daños y desgaste		X		
ZARANDA	Inspección de estado de zarandas			X	
EJES PORTA MARTILLOS	Inspección de daños y desgaste			X	
MARTILLOS	Inspección de estado de martillos		X		
CAMISETAS	Inspección de las camisetas		X		
RODAMIENTOS	Inspección de rodajes y temperatura			X	

Elaboración propia

Tabla 38. Cronograma de actividades de Lubricación - desintegradora

ELEMENTOS DE LA DESINTEGRADORA	DESCRIPCION DE LA LUBRICACION	PERIODO DE LA ACTIVIDAD			
		DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	SEMESTRAL
CHUMACERAS	Engrasar partes de chumacera		X		
EJES PORTA MARTILLOS	Engrasar ejes principales		X		
RODAMIENTOS	Engrasar los rodamientos		X		
CADENA DE MOTOR REDUCTORA	Engrasar cadena	X			

Elaboración: Propia

Tabla 39. Cronograma de actividades de Calibración - desintegradora

ELEMENTOS DE LA DESINTEGRADORA	DESCRIPCION DE LA CALIBRACION	PERIODO DE LA ACTIVIDAD			
		DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	SEMESTRAL
FAJAS EN C	Fijar las la tensión de las fajas	x			
	Ajuste de pernos	x			
POLEA MOTRIZ	Ajustar polea con llave de corona		X		
POLEA CONDUCIDA	Ajustar polea con llave de corona		X		
EJE PRINCIPAL	Ajustar con llave de boca		x		

Elaboración propia

Tabla 40. Cronograma de actividades de Limpieza - desintegradora

ELEMENTOS DE LA DESINTEGRADORA	DESCRIPCION DE LA LIMPIEZA	PERIODO DE LA ACTIVIDAD			
		DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	SEMESTRAL
TRITURADORES	Limpieza general de los trituradores		X		
ZARANDA	Limpieza general de la zaranda		X		
REJILLAS	Limpieza de las rejillas externas	X			
CAMISetas LATERALES	Limpieza general de camisetas laterales		X		

Elaboración: Propia

Tabla 41. Cronograma de actividades de mantenimiento eléctrico - desintegradora

ELEMENTOS DE LA DESINTEGRADORA	DESCRIPCION DEL MANTENIMIENTO ELECTRICO	PERIODO DE LA ACTIVIDAD			
		DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	SEMESTRAL
MOTOR	Medida del amperaje		X		
RELEE TERMODINAMICO	Inspección del relee		X		
	Reseteó del relee			X	
CONTADOR ELECTRICO	Cambio del contador eléctrico				X
	Limpieza de contactos			X	
LINEA PRINCIPA	Medida de tensión eléctrica		X		

Elaboración: Propia

- **Desarrollo de un sistema de mejora de la capacidad de departamentos**

Metodología 5S

Se desarrolla la metodología de las 5S, que también pueden ser complementarias a las prácticas de detección de anomalías dentro de la empresa, en la siguiente tabla se muestra la metodología que se aplicara, la cual se adapta a la realidad en la que se encuentra la empresa, la cual tiene como objetivo estabilizar, mantener y mejorar.

Tabla 42. Cuadro 5S'

5'S	LIMPIEZA INICIAL	OPTIMIZACIÓN	FORMALIZACIÓN	PERPETUIDAD
SEIRI Clasifica	Clasificar entre lo útil y lo que no lo es.	Clasificar las cosas y herramientas útiles.	Inspeccionar las normas existentes e implantar nuevas normas	Establecer
SEITON Ordena	Desechar lo que no es útil.	Definir el orden y lugar de las herramientas	tener conocimiento las codificaciones de maquinaria e instrumentos.	Sostener
SEISO Limpia	Realizar una limpieza general de toda la planta.	Identificar los lugares con mayor acumulación de polvo y evitar desechar algo de utilidad.	Identificar principales causas que generan desperdicios y buscar soluciones.	Renovar
SEIKETSU Estandariza	Identificar lo antihigiénico y eliminarlo	Precisar las zonas más antihigiénicas en el área de procesos.	Implementación de medidas óptimas para la limpieza.	Mejorar
SHITSUKE Disciplina	Que el equipo de trabajo se adapte a la metodología de aplicación 5'S, de esta manera pueda respetar el procedimiento que se realiza.			Evaluar (Auditoría 5'S)

Elaboración: Propia

Para llevar a cabo la implementación se tuvo en cuenta lo siguiente:

- ✓ **Primera S “Clasificación”:** Se la implementará utilizando tachos de reciclaje (pales color azul, plástico color amarillo, vidrio color verde y metal color rojo).
- ✓ **Segunda S “Orden”:** Se implementó teniendo en cuenta la codificación de la maquinaria e instrumentos, generando orden en el área de trabajo.
- ✓ **Tercera S “Limpieza”:** Se implementará mediante el mantenimiento productivo total y desarrollando todas sus fases.
- ✓ **Cuarta y Quinta S “Estandarización y Disciplina”:** Para la implementación de estas S’s se elaborarán ciertas reglas con el motivo de que el manual pueda mantenerse.

- **Sistema para el control de Seguridad y Salud**

Control de EPP

Todo personal deberá utilizar el EPP básico. Se le denomina EPP básico al conjunto conformado por casco de seguridad, guantes de cuero, guantes para altas temperaturas, lentes de seguridad, uniforme que cubra todas las extremidades, tapones auditivos. y botas de seguridad con punta de acero. Los tipos de luna (oscura o clara) de los lentes y el tipo de botas (cuero o pvc) depende la actividad en específico que esté realizando.

Tabla 43. EPP necesario para el uso de los trabajadores

EPP	Cantidad
Casco	15
Lentes	16
Protector Auditivo	12
Guantes de cuero	20
Guantes de alta temperatura	15
Zapatos de Seguridad	15

Elaboración Propia

En la siguiente tabla se puede observar las características del EPP con respecto a la protección que brindan, los cuales deben ser usados por parte de los operarios.

Tabla 44. Descripción de EPP

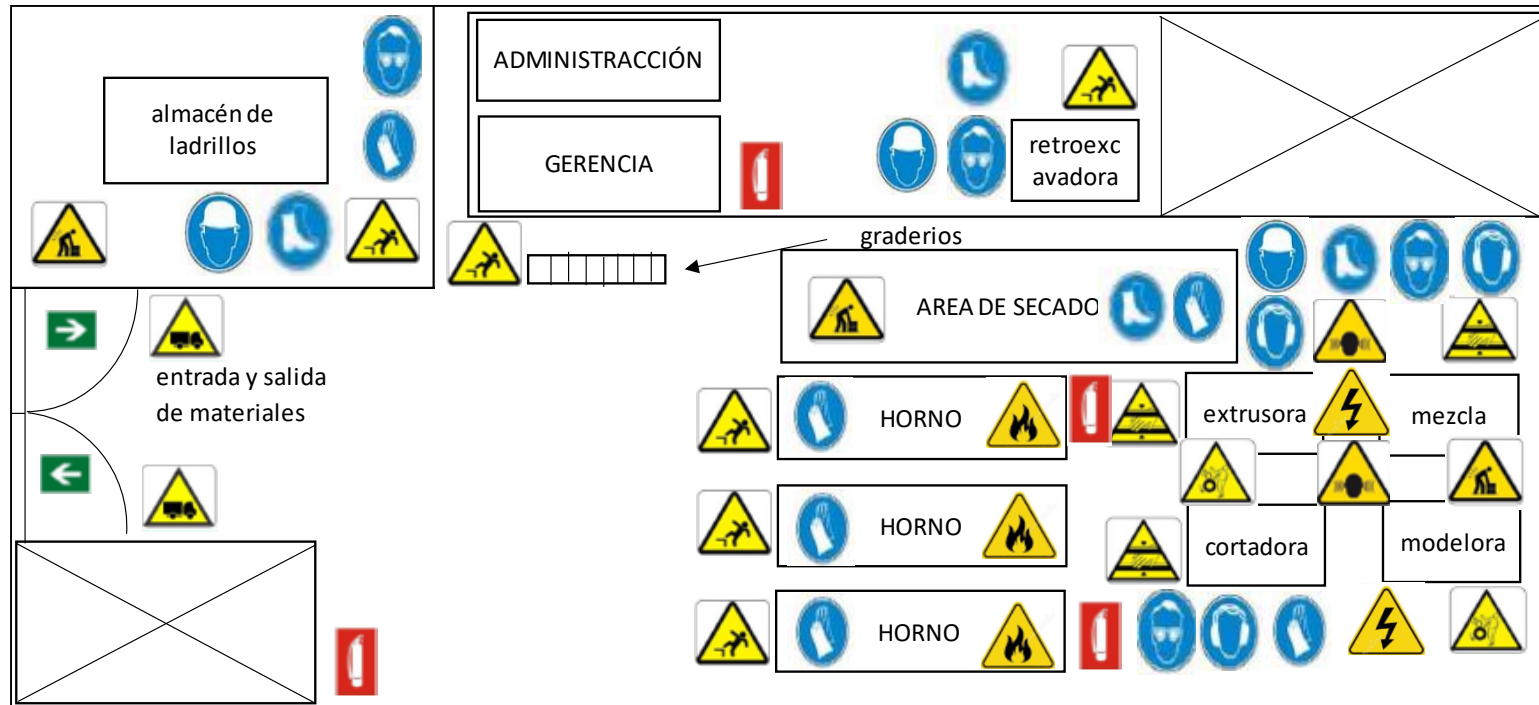
Nombre	Uso principal	Imagen referencias
Casco	Protección de la cabeza de golpes y caídas de objetos.	
Guantes de alta temperatura	Utilizar en el momento de ingresar al horno para la protección de quemaduras.	
Guantes de cuero	Los guantes de cuero cubren manos en la práctica total de los riesgos mecánico	
Protector auditivo	Los protectores auditivos evitan el daño en el oído.	
Zapatos de seguridad	Protege los dedos de los pies de las lesiones por impacto de caídas de objetos.	
Lentes	Se usan para evitar la entrada de objetos, agua o productos químicos en los ojos.	






Elaboración propia

Mapa de Riesgos

Para el control de seguridad y salud. se desarrolló un mapa de riesgos para el uso de la empresa y para el conocimiento de todos los trabajadores de la empresa, con este se busca mantener a los trabajadores informados acerca de los riesgos que se pueden presentar en las distintas áreas de trabajo.

Se recomienda al gerente publicar este en una zona de fácil visibilidad tanto para los trabajadores como los clientes. EL mapa de riesgos se muestra en la Figura 27.



RIESGO	SÍMBOLO
Riesgo de caída a desnivel	
Riesgo de lesión osteomuscular	
Golpe por vehículo en movimiento	
Riesgo de quemaduras	
Riesgo de corte	
Riesgo de daño auditivo	
Riesgo de atrapamiento	
Riesgo eléctrico	

SEÑALES OBLIGATORIAS	SÍMBOLO
casco	
guantes	
lentes	
Protector auditivo	
zapatos	



SEÑALES DE EVACUACION Y SALVAMENTO	SÍMBOLO
Entrada y salida	
extintor	

Figura 24: Mapa de riesgos de la empresa Cerámicos Cajamarca S.R.L.

3.3.4. Fase 4: Estabilización

- **Análisis y comparación de los nuevos indicadores**

Para poder analizar y comparar los nuevos indicadores una vez implementado la propuesta del plan de TPM se consideró que al ejecutar el plan de TPM las horas operativas incrementarían, el número de fallas disminuye y por ende las horas inoperativas igual, además se estima un incremento de producción a 1100 Tn puesto que la investigación se enfoca en las 200 Tn que no se cumplen debido a las paradas o fallas, falta de capacitación y mala manipulación del producto. La información se detallará en la siguiente tabla:

Tabla 45 Análisis de los equipos con mayor grado de criticidad

EQUIPO	HORAS OPERATIVAS	N° DE FALLAS	HORAS INOPERATIVAS	HORAS DE CORRECCIÓN
Tolva	216	0	0	0
Amasadora (*)	210.5	5	1.5	4
Cortadora	203	4	3	10
Desintegrador (*)	205.5	5	1.5	9
Extrusora (*)	205.5	7	1.5	9
Faja Transportadora 1	213.5	2	0.5	2
Faja Transportadora 2	216	0	0	0
Faja Transportadora 3	216	0	0	0
Faja Transportadora 4	216	0	0	0
Laminador 1 (*)	207	6	2	7
Laminador 2	199	7	3	14
Vaivén	205	4	1.5	9.5
SUMA TOTAL	2513	40	14.5	64.5
PROMEDIO	209.42	3.33	1.21	5.38

Elaboración propia

Una vez detallada la información se procede a evaluar los nuevos valores de las variables dependiente e independiente.

Variable independiente

- **Tiempo promedio entre fallas (MTBF)**

$$MTBF = \frac{\textit{Tiempo total de buen funcionamiento}}{\textit{Cantidad de fallas}}$$

$$MTBF = \frac{828.5 \textit{ hm}}{23 \textit{ falla}}$$

$$MTBF = 36.02 \textit{ hm/falla}$$

Al aplicar el plan TPM se determinó que para las máquinas que tenían mayor grado de criticidad pasado 36.02 hm se produce una falla, este dato en comparación al primer análisis es muy significativo.

- **Tiempo promedio en reparación (MTTR)**

$$MTTR = \frac{\textit{Tiempo total de correctivos}}{\textit{Cantidad de correcciones}}$$

Ecuación 8: Tiempo promedio en reparación del sistema (MTTR)

$$MTTR = \frac{29 \textit{ hm}}{23 \textit{ correccion}}$$

$$MTTR = 1.26 \textit{ hm/corrección}$$

Para las máquinas analizadas se determinó que el tiempo promedio que se tarda en poder reparar es de 1.26hm.

- **Efectividad Global**

Disponibilidad

$$\textit{Disponibilidad} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100$$

$$\textit{Disponibilidad} = \frac{36.02}{36.02 + 1.26} \times 100$$

$$\textit{Disponibilidad} = 96.62\%$$

La disponibilidad de los equipos con mayor criticidad una vez aplicado el plan TPM es de 96.62%, gracias a que el tiempo promedio de fallas aumento y el tiempo promedio de reparación se redujo obtuvimos un resultado positivo.

Eficacia

$$Eficacia = \frac{\text{Resultado alcanzado}}{\text{Resultado previsto}} \times 100$$

$$Eficacia = \frac{1110 \text{ Tn}}{1200 \text{ Tn}} \times 100$$

$$Eficacia = 92.50\%$$

Evaluando los nuevos indicadores se obtuvo una eficacia de 92.50%, para obtener dicho resultado se consideró que al ejecutar el plan de TPM incrementaría la cantidad de producción en función a las 200 Tn que no se llegaban a elaborar y estas a causa de que el 55% era debido a las fallas y paradas de la maquinaria.

Calidad

$$Calidad = \frac{U. fabricadas - U. defectuosas}{U. fabricadas} \times 100$$

$$Calidad = \frac{1110 \text{ Tn} - 50 \text{ Tn}}{1110 \text{ Tn}} \times 100$$

$$Calidad = 95.49\%$$

Sobre la calidad de las unidades producidas, como se mencionó el total será de 1110 Tn producidas durante un mes y las unidades defectuosas seguirá siendo de 50 Tn ya que es el promedio estimado que se obtiene al elaborar 1200 Tn.

Variable dependiente

- **Productividad de mano de obra**

$$Pmo = \frac{\text{Producción}}{\text{Tiempo total de Producción}}$$

$$Pp = \frac{1110 \text{ Tn}}{209.08 \text{ hh}}$$

$$Pp = 5.31 \text{ Tn/hh}$$

Considerando que la producción es de 1110 tn al mes y que el promedio de horas hombre ha incrementado hasta un 209.08 hm, se calculó que la empresa produce 5.31 Tn/hh después de aplicar el plan de TPM y que en comparación al primer análisis donde se obtuvo 4.85 Tn/hh, hubo un aumento de 0.46 Tn/hh.

- **Productividad de la maquinaria**

$$Pm = \frac{\textit{Producción}}{\textit{Nº de máquinas}}$$

Ecuación 9: Productividad de la maquinaria

$$Pm = \frac{1110 \textit{ Tn}}{12 \textit{ m}}$$

$$Pm = 92.50 \textit{ Tn/m}$$

Al aplicar el plan de TPM, la producción es de 1110 Toneladas durante un mes y se necesitan 12 máquinas para el proceso, Al calcular el valor del indicador se obtuvo que la producción promedio por cada máquina sería de 92.50 Tn.

Tabla 46. Medición de indicadores (Variable Independiente y dependiente)

VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	RESULTADOS (Antes de TPM)	RESULTADOS (Después de TPM)	COMPARACIÓN	INTERPRETACIÓN
Mantenimiento Productivo Total Es el conjunto de disposiciones técnicas, medios y actuaciones que permiten garantizar que las máquinas, instalaciones y organización ..., pueden desarrollar el trabajo que tienen previsto en un plan de producción en constante evolución por la aplicación de la mejora continua. (Rey Sacristán, 2002)	Medición de tiempos para mantenimiento	Tiempo promedio entre fallas (MTBF)	<i>MTBF = 15.75 hm/falla</i>	<i>MTBF = 36.02 hm/falla</i>	<i>MTBF = 20.27 hm/falla</i>	Al mejorar el trabajo de los colaboradores y tener un cronograma de actividades de mantenimiento, las fallas disminuyen y el tiempo para que ocurran puede darse después de 35.85 hm.
		Tiempo promedio en reparación (MTTR)	<i>MTTR = 1.15 hm/corrección</i>	<i>MTTR = 1.26 hm/corrección</i>	<i>MTTR = 0.11 hm/corrección</i>	Al disminuir la ocurrencia de fallas comunes como la obstrucción y limpieza, el tiempo de reparación para las máquinas es de 1.26 hm.
	Efectividad Global EG = DxExC EG1 = 73.78% EG2 = 83.23%	Disponibilidad	<i>Disponibilidad = 93.20%</i>	<i>Disponibilidad = 96.62%</i>	<i>Disponibilidad = 3.42. %</i>	La disponibilidad de los equipos para la producción de ladrillos es de 96.62%
		Eficacia	<i>Eficacia = 83.33%</i>	<i>Eficacia = 92.50%</i>	<i>Eficacia = 9.17%</i>	La maquinaria tiene una eficacia de 92.50%.
		Calidad	<i>Calidad = 95%</i>	<i>Calidad = 95.49%</i>	<i>Calidad = 0.49%</i>	El porcentaje de ladrillos bien elaborados es de 95.49%

Elaboración: Propia

VARIABLE DEPENDIENTE	INDICADORES	RESULTADOS INDICADORES (Antes de TPM)	RESULTADOS INDICADORES (Después de TPM)	COMPARACIÓN	INTERPRETACIÓN
Productividad					
Es la relación que existe entre producción y el uso inteligente de los recursos humanos, materiales y financieros, de tal manera que: se logre los objetivos institucionales, se mejore la calidad de los productos y servicios al cliente, se fomente el desarrollo de los trabajadores y se contribuya con beneficios económicos, ecológicos y morales a la colectividad. (Rodríguez Combeller, 1993)	Productividad de mano de obra (Pmo)	$Pmo = 4.85 \text{ tn/hh}$	$Pmo = 5.31 \text{ Tn/hh}$	$Pmo = 0.46 \text{ Tn/hh}$	En promedio un colaborador produce 5.31 tn transcurrido una hora hombre.
	Productividad de la maquinaria (Pm)	$Pm = 83.33 \text{ tn/m}$	$Pm = 92.5 \text{ Tn/m}$	$Pm = 9.17 \text{ Tn/hm}$	En un mes cada máquina produce un promedio de 92.5 tn, el cual se aprecia un incremento de 9.17 tn en comparación al primer resultado obtenido.

Elaboración: Propia

3.4. Económico, Financiero, Beneficio Costo

Inversión de Activos Tangibles.

En la Tabla n° 48 se describe los materiales, cantidad y costos unitarios de cada uno de ellos, los cuales son necesarios para implementar el sistema de mantenimiento productivo total en la empresa Cerámicos Cajamarca S.R.L.

Tabla 47. Inversión de Activos Tangibles

ITEM	CANTIDAD INICIAL	MEDIDA	PRECIO UNITARIO	TOTAL INVERSIÓN
UTILES DE ESCRITORIO				
Papel bond A4	2	Millar	25.00	S/. 50.00
Plumones	3	Caja	8.00	S/. 24.00
Lapiceros	2	Caja	5.00	S/. 10.00
Archivadores	5	Unidad	6.00	S/. 30.00
Motas	2	Unidad	4.50	S/. 9.00
Pizarra acrílica	2	Unidad	65.00	S/. 130.00
Tinta de impresora	2	Unidad	40.00	S/. 80.00
Engrapadora	1	Unidad	12.00	S/. 12.00
Grapas	2	caja	6.00	S/. 12.00
EQUIPOS DE OFICINA				
Laptop	1	Unidad	1200.00	S/.1,200.00
Escritorio	1	Unidad	200.00	S/. 200.00
Mouse	1	Unidad	70.00	S/. 70.00
Impresora	1	Unidad	200.00	S/. 200.00
Cámara fotográfica	1	Unidad	285.00	S/. 285.00
Memorias USB	2	Unidad	30.00	S/. 60.00
MATERIALES DE IMPLEMENTACIÓN				
Etiquetas de señalización	25	Unidad	10.00	S/. 250.00
Aceite sin detergente	20	Litros	200.00	S/. 4,000.00
Grasa	20	Kilos	28.00	S/. 560.00
Escobillón	26	Unidad	5.00	S/. 130.00
Escoba	10	Unidad	10.00	S/. 100.00
Recogedor	5	Unidad	5.00	S/. 25.00
cascos	15	Unidad	50.00	S/. 750.00
guantes de cuero	20	Unidad	16.50	S/. 330.00
guantes de alta temperatura	15	Unidad	18.50	S/. 277.50
Protectores de Oído (Orejas)	15	Unidad	39.90	S/. 598.50
Zapatos de Seguridad	15	Unidad	120.00	S/. 1,800.00
lentes	16	Unidad	10.50	S/. 168.00

Tachos de basura señalizados	4	Unidad	90.00	S/. 360.00
EQUIPOS DE IMPLEMENTACIÓN				
Equipo móvil de engrase	1	unidad	600.00	S/. 600.00
estantes de madera	1	unidad	400.00	S/. 400.00
TOTAL INVERSION				12,721.00

Elaboración propia

Tabla 48. Otros gastos

ITEM	CANTIDAD	MEDIDA	PRECIO UNITARIO	TOTAL INVERSION
AGUA	12	meses	S/. 320.00	S/. 3,840.00
LUZ	12	meses	S/. 270.00	S/. 3,240.00
TELEFONÍA	12	meses	S/. 120.00	S/. 1,440.00
TOTAL GASTOS OTROS				8,520.00

Elaboración propia

Tabla 49. Gastos de personal

ITEM	CANTIDAD	MEDIDA	PRECIO UNITARIO	NUM. PERSONAS	TOTAL INVERSIÓN
Operario calificado	12	meses	S/. 1,400.00	1	S/. 16,800.00
Técnico	12	meses	S/. 1,100.00	1	S/. 13,200.00
Responsable de limpieza	12	meses	S/. 930.00	1	S/. 11,160.00
Personal de entrenamiento	4	meses	S/. 930.00	2	S/. 7,440.00
Personal para aplicación 5S'	12	meses	S/. 1,000.00	1	S/. 12,000.00
Personal para codificación	12	meses	S/. 1,000.00	1	S/. 12,000.00
TOTAL GASTOS DE PERSONAL					72,600.00

Elaboración propia

Tabla 50. Gastos de capacitación

ITEM	CANTIDAD	MEDIDA	PRECIO UNITARIO	TOTAL INVERSIÓN
Capacitación al Personal	1.00	veces	S/. 1,500.00	S/. 1,500.00
TOTAL GASTOS DE PERSONAL				1,500.00

Elaboración propia

Costos proyectados.

En la Tabla n°52 se determina los costos proyectados a 5 años, de los cuales hemos considerados todos los materiales de implementación que se requieren para la aplicación del sistema de mantenimiento productivo total en la empresa Cerámicos Cajamarca S.R.L. De los cuales hemos considerado algunos por 5 años por ser gastos fijos.

Tabla 51. Costos Proyectados

ITEMS			AÑO: 0		AÑO: 1		AÑO: 2		AÑO: 3		AÑO: 4		AÑO: 5	
INVERSIÓN	DE	ACTIVOS	S/.	12,721.00	S/.	6,771.00	S/.	6,771.00	S/.	6,771.00	S/.	6,771.00	S/.	6,771.00
TANGIBLES														
UTILES DE ESCRITORIO														
		Papel bond A4	S/.	50.00										
		Plumones	S/.	24.00										
		Lapiceros	S/.	10.00										
		Archivadores	S/.	30.00										
		Motas	S/.	9.00										
		Pizarra acrílica	S/.	130.00										
		Tinta de impresora	S/.	80.00										
		Engrampadora	S/.	12.00										
		Grapas	S/.	12.00										
EQUIPOS DE OFICINA														
		Laptop	S/.	1,200.00										
		Escritorio	S/.	200.00										
		Mouse	S/.	70.00										
		Impresora	S/.	200.00										
		Cámara fotográfica	S/.	285.00										
		Memorias USB	S/.	60.00										
MATERIALES DE IMPLEMENTACIÓN														

Etiquetas de señalización	S/.	250.00										
Aceite sin detergente	S/.	4,000.00		4,000.00		4,000.00		4,000.00		4,000.00		4,000.00
Grasa	S/.	560.00	S/.	560.00	S/.	560.00	S/.	560.00	S/.	560.00	S/.	560.00
Escobillón	S/.	130.00		130.00		130.00		130.00		130.00		130.00
Escoba	S/.	100.00	S/.	100.00	S/.	100.00	S/.	100.00	S/.	100.00	S/.	100.00
Recogedor	S/.	25.00		25.00		25.00		25.00		25.00		25.00
cascos	S/.	750.00	S/.	750.00	S/.	750.00	S/.	750.00	S/.	750.00	S/.	750.00
guantes de cuero	S/.	330.00		330.00		330.00		330.00		330.00		330.00
						330.00						
guantes de alta temperatura	S/.	277.50	S/.	277.50	S/.	277.50	S/.	277.50	S/.	277.50	S/.	277.50
Protectores de Oído (Orejeras)	S/.	598.50		598.50		598.50		598.50		598.50		598.50
Zapatos de Seguridad	S/.	1,800.00										
lentes	S/.	168.00										
Tachos de basura señalizados	S/.	360.00										
EQUIPOS DE IMPLEMENTACIÓN												
Equipo móvil de engrase	S/.	600.00										
estantes de madera	S/.	400.00										
OTROS GASTOS	S/.	8,520.00	S/.	8,520.00	S/.	8,520.00	S/.	8,520.00	S/.	8,520.00	S/.	8,520.00
AGUA	S/.	3,840.00	S/.	3,840.00	S/.	3,840.00	S/.	3,840.00	S/.	3,840.00	S/.	3,840.00
LUZ	S/.	3,240.00	S/.	3,240.00	S/.	3,240.00	S/.	3,240.00	S/.	3,240.00	S/.	3,240.00
TELEFONÍA	S/.	1,440.00	S/.	1,440.00	S/.	1,440.00	S/.	1,440.00	S/.	1,440.00	S/.	1,440.00
GASTOS DE PERSONAL	S/.	72,600.00	S/.	72,600.00	S/.	72,600.00	S/.	72,600.00	S/.	72,600.00	S/.	72,600.00
Operario calificado	S/.	16,800.00	S/.	16,800.00	S/.	16,800.00	S/.	16,800.00	S/.	16,800.00	S/.	16,800.00
Técnico	S/.	13,200.00	S/.	13,200.00	S/.	13,200.00	S/.	13,200.00	S/.	13,200.00	S/.	13,200.00
Responsable de limpieza	S/.	11,160.00	S/.	11,160.00	S/.	11,160.00	S/.	11,160.00	S/.	11,160.00	S/.	11,160.00
Personal de entrenamiento	S/.	7,440.00	S/.	7,440.00	S/.	7,440.00	S/.	7,440.00	S/.	7,440.00	S/.	7,440.00
Personal para aplicación 5S'	S/.	12,000.00	S/.	12,000.00	S/.	12,000.00	S/.	12,000.00	S/.	12,000.00	S/.	12,000.00
Personal para codificación	S/.	12,000.00	S/.	12,000.00	S/.	12,000.00	S/.	12,000.00	S/.	12,000.00	S/.	12,000.00

GASTOS DE CAPACITACION	S/.	1,500.00	S/.	1,500.00	S/.	1,500.00	S/.	1,500.00	S/.	1,500.00	S/.	1,500.00
Capacitación al Personal	S/.	1,500.00	S/.	1,500.00	S/.	1,500.00	S/.	1,500.00	S/.	1,500.00	S/.	1,500.00
TOTAL DE GASTOS	S/.	95,341.00	S/.	89,391.00	S/.	89,391.00	S/.	89,391.00	S/.	89,391.00	S/.	89,391.00

Elaboración propia

Tabla 52..Análisis De Los Indicadores

INDICADORES	ANTES	DESPUES	INDICADORES	ANTES	BENEFICIO	DESPUES
COSTO DE REQUERIMIENTO DE MATERIALES	S/.330,100.00	S/.218,113.45	COSTO DE REQUERIMIENTO DE MATERIALES	S/. 330,100.00	S/.111,986.55	S/. 218,113.45
COSTO DE MANTENER INVENTARIOS	S/. 66,020.00	S/. 43,622.69	COSTO DE MANTENER INVENTARIOS	S/. 66,020.00	S/. 22,397.31	S/. 43,622.69

Elaboración propia

Tabla 53. Ingresos Proyectados

INGRESOS PROYECTADOS	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
	S/. 134,383.86	S/. 134,383.86	S/. 134,383.86	S/. 134,383.86	S/. 134,383.86

Elaboración propia

Tabla 54. Flujo De Caja Neto Proyectado

AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
-95,341.00	44,992.86	44,992.86	44,992.86	44,992.86	44,992.86

Elaboración propia

Procedimiento para calcular el COK:

DEUDA (292,680	71%
CAPITAL	117,300	29%
TOTAL	409,980	100%

RENTA NETA IMPONIBLE	59,475
IMP. A LA RENTA	17,843
UTILIDAD NETA	41,633

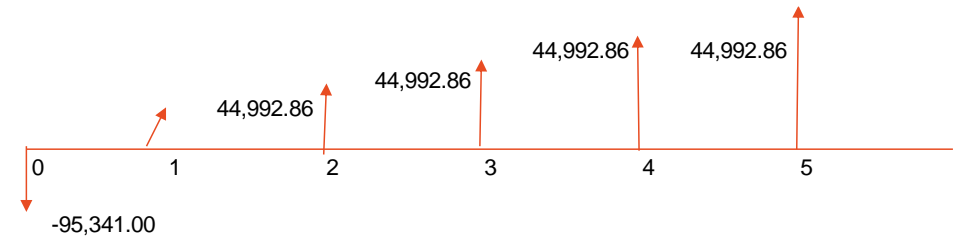
LEYENDA		
D= Deuda		
K= Capital		
Kd= Costo Deuda	10.50%	
T= Impuesto a la Renta	30%	
Ke= Rentabilidad Accionista	ROE	Balance General
CPPC = Costo Prom Ponderado de Capital		

$$K_e = R_{oe} = \frac{UTILIDAD\ NETA}{TOTAL\ PATRIMONIO} = \frac{41,632.71}{117,300.00} = 35.49\%$$

CPPC=	13.55%
--------------	---------------

Tabla 55. Indicadores de evaluación

Indicadores de evaluación	
COK	13.55%
VA	S/. 156,164.69
VAN	S/. 60,823.69
TIR	38%
IR	1.64



En la Tabla n° 56 se muestra que la propuesta es viable ya que el VAN es mayor que 0, el TIR tiene un valor de 47 % que es mayor que el valor que el COK, asimismo el índice de rentabilidad es mayor que 1, lo que refleja que por cada sol invertido se obtendrá una utilidad de 1.64 soles.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

DISCUSIÓN

En el presente proyecto se investigó la productividad de los equipos que están involucrados en la fabricación de ladrillos en la empresa Cerámicos Cajamarca S.R.L, a través del sistema de mantenimiento productivo total, se realizó un análisis de riesgo para determinar que equipos tienen mayor grado de criticidad e importancia para la empresa. Luego de analizar se verifica que el problema más recurrente es la falta de mantenimiento programado en estos equipos. Implementar el análisis de criticidad como criterio fundamental del programa de mantenimiento permite la administración objetiva y racional de recursos físicos y humanos de la empresa, disminuyendo los despilfarros de los mismos; adicionalmente sirve como instrumento de medición y control del desempeño individual de cada equipo y del proceso al cual pertenece. (Díaz, 2005).

Según (García Palencia, 2013) indica que mediante la aplicación de las técnicas de la encuesta, la entrevista y la observación directa se diagnostica que los principales problemas que afectan a la producción y el rendimiento de la empresa son: falta de compromiso y de trabajo en equipo de los trabajadores, falta de personal, incumplimiento de pedidos, movimientos innecesarios, desorden y falta de mantenimiento y de limpieza.

La propuesta del plan mantenimiento productivo total (TPM), se vio como una alternativa y una oportunidad de mejora en la prestación de servicios al cliente y aumentar la productividad de los equipos para que estas puedan operar al 100% de su capacidad. Esta propuesta contiene, la manera que se puede mejorar la productividad de equipos y como mitigar los mantenimientos.

En la tesis “diseño e implementación del sistema de mantenimiento para ladrillera Versalles Ramírez hnos. Ltda.” Llegó a la conclusión de que aplicar conceptos básicos TPM, hicieron posible incrementar la cobertura del programa de mantenimiento y mejorar la calidad de los trabajos desarrollados, ya que gracias a la activa participación de los operarios, es posible contar con mayor mano de obra e información referente al estado o condición de los equipos (Gallara & Pontelli, 2014) Según los resultados obtenidos se puede concluir que la propuesta de implementación de un plan de mantenimiento productivo total para incrementar la productividad de los equipos críticos se puede lograr mediante pasos que controlen y mejoren la actividad. (Díaz Navarro, 2004)

Al recoger la información sobre la productividad de los equipos y sobre las fallas que se presentaron se puede concluir que los equipos que más resaltaron fueron; la amasadora, la extrusora, la desintegradora y el laminador 1.

La presente investigación tomó en cuenta el mantenimiento autónomo y entrenamiento de los operadores para incrementar la productividad, debido al contacto directo que tienen estos conocen el

comportamiento y problemas que presentan las máquinas y procesos. Por lo cual es necesario dedicar el tiempo al auto mantenimiento y entrenamiento de los operadores. (García Palencia, 2013)

Lo que nos lleva a estar de acuerdo con la tesis “Plan de mejora para aumentar la productividad en el área de producción de la empresa confecciones deportivas todo sport. Chiclayo – 2015” La elaboración e implementación de un plan de mejora para la empresa Confecciones Deportivas Todo Sport mediante el estudio de tiempos y la utilización de las herramientas VSM y 5S, permitirán que la productividad parcial de la mano de obra se incremente aproximadamente en un 6% en promedio y la productividad global en el área de producción de la empresa en un 15% aproximadamente.

Para futuras investigaciones se recomienda que realice un análisis basado específicamente en uno de los pilares del TPM que son: Mejoras Enfocadas (Kobetsu Kaizen), Mantenimiento Autónomo (Jishu Hozen), Mantenimiento planificado, Mantenimiento de Calidad (Hinshitsu Hozen), Prevención del mantenimiento, Actividades de departamentos administrativos y de apoyo, Formación y Adiestramiento, Gestión de Seguridad y Entorno. Así el estudio será más específico y contribuirá a determinar la relación de este con la productividad ya sea del proceso o máquinas. (Rey Sacristán, 2002).

Se concluye que se logra incrementar la productividad de la empresa, aumentar el tiempo medio entre fallas (MTBF) y reducir el tiempo previsto para las reparaciones (MTTR), mediante la implementación de un plan de mantenimiento productivo total, es así que al realizar nuestro análisis de costo – beneficio dio como resultado que el proyecto que propone realizar en la empresa Cerámicos Cajamarca S.R.L es rentable.

Los antecedentes consultados para realizar la presente tesis sirvieron para poder contrastar los resultados obtenidos de la implementación del TPM.

CONCLUSIONES

- Se analizó y determino el diagnostico situacional de la gestión de Mantenimiento mediante entrevistas con el gerente y el personal, Check List, análisis de la maquinaria y Diagrama de Ishikawa. La información recaudada dio a conocer que la empresa estima fabricar 1200 Tn de ladrillos al mes de las cuales 200 Tn no se cumplen debido a el 55% es a causa de las paradas o fallas.
- Se diseñó y propuso un plan de TPM para la amasadora, el desintegradora, la extrusora y el laminador puesto que estos son los equipos con mayor grado de criticidad. Además, el programa de mantenimiento tiene un cronograma con actividades como inspección, lubricación, limpieza y mantenimiento eléctrico.
- Para desarrollar el plan de TPM se consideró que la empresa debe tener un formato de mantenimiento autónomo, esto ayudara a que el colaborador realice actividades preventivas sin la necesidad de que el área de mantenimiento intervenga.
- Al aplicar el plan de TPM se determinó que la productividad de la mano de obra incremento en 5.31 Tn al transcurrir una hora hombre y la productividad de la maquinaria incremento en promedio 92.5 Tn por cada máquina.
- Finalmente se evaluó la propuesta de implementación con la metodología costo beneficio obteniendo el Costo de Capital (COK) igual a 13.55 %, Valor actual neto S/. 60,823.69, Tasa interna de retorno (TIR) de 38 % y un índice de Recupero (IR) de que por cada sol invertido se gana 1.64 Soles, lo que demuestra que el proyecto es viable, factible y rentable de llevar a cabo.

REFERENCIAS

- Arias Albornoz, M., Aedo Ruz, M., & Olguín Parada, G. (2006). *Simulación de Monte Carlo aplicada a la Estimación de depresiones rápidas de la tensión en redes eléctricas*. *Revista chilena de ingeniería*, 342-351.
- Arques Patón, J. (2009). *Ingeniería y gestión del mantenimiento en el sector ferroviario*.
- Conforti, F., & DeSantis, A. (2011). *Diccionario Inglés Técnico Aeronáutico*.
- Díaz Navarro, J. (2004). *Técnicas de Mantenimiento Industrial*.
- Fernández Quesada, I. (1996). *Diseño y Medición de Trabajos*.
- Gallara, I., & Pontelli, D. (2014). *Mantenimiento Industrial*. Jorge Sarmiento, Editor.
- García Palencia, O. (2013). *Gestión Moderna del Mantenimiento Industrial*. Colombia.
- Gómez Santos, C. (2001). *Mantenimiento Productivo Total: Una visión global*.
- Hurtado Carmona, D. (2011). *Teoría General de Sistemas: Un enfoque hacia la Ingeniería de Sistemas 2ed.*
- Rey Sacristán, F. (2002). *Mantenimiento Total de la Producción (TPM): Proceso de Implantación y Desarrollo*.
- Rodríguez Combeller, C. (1993). *El nuevo escenario: La cultura de calidad y productividad en las empresas*.

ANEXOS

ANEXO n°1: Fotos de la empresa







Elaboración: Propia

ANEXO n°2: Encuesta no estructurada

Buen día, estamos realizando un estudio sobre la Gestión de Mantenimiento de la Empresa Cerámicos Cajamarca S.R.L. Seria tan amable de responder algunas preguntas al respecto.

Cuestionario N°:

P1.- ¿La empresa cuenta con algún Área de Mantenimiento?

P2.- ¿La empresa cuenta con algún tipo de manteniendo para sus equipos y maquinaria?

P3.- ¿El personal conoce la maquinaria y si sus partes?

P4.- ¿Qué factores cree usted que puedan impedir la parada de la maquinaria?

P5.- ¿La empresa cuenta con un plan de contingencia en caso que la maquinaria requiera mantenimiento?

P6.- ¿Qué factores ocasionan el reproceso de los productos?

Elaboración propia

ANEXO n°3: Formato de Check List de Gestión de Mantenimiento

CHECK LIST DE GESTION DE MANTENIMIENTO				
EMPRESA:				
ÁREA:				
OPERACIÓN/TAREA OBSERVADA:				
OPERARIOS OBSERVADOS:				
NOMBRE DEL OBSERVADOR-AUDITOR:				
FECHA:/.../20..	DÍA:	HORA:		
CARACTERISTICAS		SI	NO	OBSERVACIONES
El ambiente es apto para laborar				
Las tareas de trabajo están asignadas de manera especifica				
Las máquinas se encuentran en un estado optimo				
Inspeccionan las máquinas y herramientas antes de laborar				
La empresa cuenta con un plan de mantenimiento correctivo				
La empresa cuenta con un plan de mantenimiento preventivo				
La empresa cuenta con un plan de capacitación				
La empresa tiene un cronograma de actividades de mantenimiento				
La empresa tiene formatos para mantenimiento				
Existe un manual de funciones y procedimientos				
Existe supervisión proactiva durante las actividades				
Cuenta con un stock de materiales y repuestos				
El área cuenta con herramientas adecuadas para su uso				
Existen herramientas malogradas o insuficientes				
OPINIÓN Y SUGERENCIAS:				

Elaboración: Propia

ANEXO n°4: Check List de Gestión de Mantenimiento

CHECK LIST DE GESTION DE MANTENIMIENTO			
EMPRESA: Cerámicos Cajamarca S.R.L.			
ÁREA: Mantenimiento			
OPERACIÓN/TAREA OBSERVADA: Producción de Ladrillos			
OPERARIOS OBSERVADOS: 5			
NOMBRE DEL OBSERVADOR-AUDITOR: Andy Castillo - Jean Marcelo			
FECHA: 16/12/2019	DÍA: Lunes	HORA: 10:30 a.m.	
CARACTERISTICAS	SI	NO	OBSERVACIONES
El ambiente es apto para laborar	X		
Las tareas de trabajo están asignadas de manera específica		X	
Las maquinas se encuentran en un estado optimo		X	Falta limpieza
Inspeccionan las máquinas y herramientas antes de laborar	X		La inspección es breve.
La empresa cuenta con un plan de mantenimiento correctivo	X		
La empresa cuenta con un plan de mantenimiento preventivo	X		Falta mejorar.
La empresa cuenta con un plan de capacitación		X	
La empresa tiene un cronograma de actividades de mantenimiento		X	
La empresa tiene formatos para mantenimiento		X	
Existe un manual de funciones y procedimientos	X		
Existe supervisión proactiva durante las actividades		X	
Cuenta con un stock de materiales y repuestos		X	
El área cuenta con herramientas adecuadas para su uso	X		
Existen herramientas malogradas o insuficientes	X		
OPINIÓN Y SUGERENCIAS: El área de mantenimiento necesita un plan de mejora tanto para los máquinas y que sea de conocimiento para los trabajadores.			
Elaboración: Propia			

ANEXO n°5: Formato Check List de Seguridad y Salud en el Trabajo


CHECK LIST DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO			
EMPRESA:			
ÁREA:			
OPERACIÓN/TAREA OBSERVADA:			
OPERARIOS OBSERVADOS:			
NOMBRE DEL OBSERVADOR-AUDITOR:			
FECHA:/.../20..	DÍA:	HORA:	
CARACTERISTICAS	SI	NO	OBSERVACIONES
Inspeccionan el ambiente antes de laborar			
El operario limpia el ambiente y las máquinas antes de laborar			
Existe presencia de sustancias peligrosas			
Existe un programa de mantenimiento eléctrico para las instalaciones y equipos			
Las cajas eléctricas permanecen cerradas y debidamente señalizadas			
Los factores de riesgo eléctrico están señalizados adecuadamente			
Las actividades de mantenimiento se realizan cuando el equipo se encuentra desconectado			
Los productos e insumos están ordenadas y en un área segura			
Inspeccionan los materiales antes de laborar			
La empresa cuenta con un programa de reciclaje			
La empresa cuenta con un programa de protección al medio ambiente			
Las áreas cuentan con contenedores para reciclaje			
Los operarios utilizan EPP			
OPINIÓN Y SUGERENCIAS:			

Elaboración: Propia

ANEXO n°6: Check List de Seguridad y Salud en el Trabajo

CHECK LIST DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO			
EMPRESA: Cerámicos Cajamarca S.R.L.			
ÁREA: Producción			
OPERACIÓN/TAREA OBSERVADA: Producción de Ladrillos			
OPERARIOS OBSERVADOS: 8			
NOMBRE DEL OBSERVADOR-AUDITOR: Andy Castillo - Jean Marcelo			
FECHA: 16/12/2019	DÍA: Lunes	HORA: 10:30 am	
CARACTERISTICAS	SI	NO	OBSERVACIONES
Inspeccionan el ambiente antes de laborar	X		De manera remota
El operario limpia el ambiente y las maquinas antes de laborar	X		De manera remota
Existe presencia de sustancias peligrosas		X	Solo aguas estancadas
Existe un programa de mantenimiento eléctrico para las instalaciones y equipos		X	
Las cajas eléctricas permanecen cerradas y debidamente señalizadas		X	
Los factores de riesgo eléctrico están señalizados adecuadamente		X	No existe mapa de riesgos
Las actividades de mantenimiento se realizan cuando el equipo se encuentra desconectado	X		
Los productos e insumos están ordenadas y en un área segura		X	No existe codificación
Inspeccionan los materiales antes de laborar	X		De manera remota
La empresa cuenta con un programa de reciclaje		X	
La empresa cuenta con un programa de protección al medio ambiente		X	
Las áreas cuentan con contenedores para reciclaje		X	
Los operarios utilizan EPP	X		Implementos básicos
OPINIÓN Y SUGERENCIAS: Se sugiere un control de seguridad y salud para los trabajadores y el área de trabajo.			
Elaboración: Propia			

ANEXO n°7: Aprobación de la gerencia

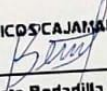
 CERAMICOS CAJAMARCA S.R.L.

COMPROMISO DE LA GERENCIA PARA LA APLICACIÓN DE UN SISTEMA TPM

La gerencia de la empresa Cerámicos Cajamarca S.R.L., expresa su compromiso con la aplicación de un sistema de mantenimiento productivo total, en el cumplimiento con cada fase y etapas para su adecuado desarrollo. Lo que permitirá establecer un modelo de gestión de mantenimiento para la identificación y atención de las necesidades de la empresa, orientados al desempeño de los procesos estratégicos hacia la mejora continua, eficacia, disponibilidad de los equipos, calidad de los productos y la efectividad global.

Para la empresa Cerámicos Cajamarca S.R.L. es muy importante trabajar con el mejoramiento continuo de cada uno de los procesos y generar la cultura de auto mantenimiento en cada uno de los colaboradores.


Desde la gerencia, se extiende la invitación a los clientes internos, externos y colaboradores para que participen con responsabilidad en los diferentes procesos de mantenimiento productivo total, formándola como una herramienta estratégica de efectividad, que genera excelencia en el trabajo para la calidad del producto entregado.


CERAMICOS CAJAMARCA S.R.L.
Benedicto Bodadilla Cartagena
GERENTE

Benedicto Bodadilla Cartagena
GERENTE

Cajamarca, noviembre 2019

ANEXO n°8: Políticas y objetivos



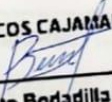
CERAMICOS CAJAMARCA S.R.L.

POLITICAS Y OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO

La empresa Cerámicos Cajamarca S.R.L. tiene presente como objetivo del mantenimiento garantizar las condiciones óptimas de operatividad de los equipos, sistema productivo, mejoras de las instalaciones; mediante la planificación, ejecución y control de los programas de mantenimiento productivo total, con la finalidad de asegurar la continuidad del servicio de los equipos, en concordancia con los parámetros de eficacia, calidad y seguridad.

Es la política de mantenimiento de la empresa que todas las instalaciones adopten un sistema de gestión de mantenimiento productivo total basados en las prácticas preventivas y correctivas, tanto para el mantenimiento de los equipos como para el sistema de procesos.


1. La administración de mantenimiento necesita contar con medios claros y precisos para solicitar, autorizar y ejecutar trabajos.
2. computa tiempo, materiales y costos; saber qué acciones son necesarias para reducir al mínimo el costo de mantenimiento y el tiempo de paro.
3. Evaluar los resultados comparándolos con lo planeado, estimado y programado.
4. Todo trabajo de mantenimiento debe originarse en un documento, a efecto de evitar la realización de labores sin importancia, innecesarias o no autorizadas.
5. Contar con un registro de la tarea efectuada por máquina.
6. Las inspecciones, lubricaciones, limpiezas, etcétera, tendrán que aprobarse en órdenes de trabajo fijas.
7. Antes de autorizar modificaciones, éstas tendrán que aprobarse por el jefe de mantenimiento.

CERAMICOS CAJAMARCA S.R.L.

Benedicto Bobadilla Cartagena
GERENTE

Benedicto Bobadilla Cartagena
GERENTE

Cajamarca, noviembre 2019

ANEXO n°9: Formato del plan de capacitación.

	CERAMICOS CAJAMARCA S.R.L.	Código	MTTN-P 001
	FORMATO PLAN DE CAPACITACIONES	Fecha	/ /
		AREA DE MANTENIMIENTO	Ver. 001

FORMATO PLAN DE CAPACITACIONES PARA MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL

- El plan de capacitaciones para el mantenimiento productivo total se realiza con la finalidad de establecer las principales necesidades y prioridades de capacitación para los equipos con mayor falla y alto grado de criticidad, con el propósito de incrementar la productividad de las maquinas.

Nombre de la actividad	
Lugar de la actividad	
Nombre del encargado/a de la capacitación	
Datos del encargado/a de la capacitación	Mail: Teléfono:
Fecha de presentación	
Objetivo	

- En este formato se evidencia dichos resultados, obtenidos a través de las capacitaciones realizadas

Actividad o temática de capacitación	N° de participantes	Fecha de realización	Tiempo que Duro la actividad	Lugar de la actividad (marcar con una X)		
				Sala de reuniones	Área mantenimiento	Área de maquinari

Elaboración: Propia