

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE  
DIVISIÓN DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
INGENIERÍA MECÁNICA



**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN  
DE UNA EMPRESA CERÁMICA UBICADA EN EL PROGRESO, GUATEMALA**

JUAN DANIEL AGUILAR BRAVO

QUETZALTENANGO, OCTUBRE 2023



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE  
DIVISIÓN DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
INGENIERÍA MECÁNICA



TRABAJO DE GRADUACIÓN  
PRESENTADO A LAS AUTORIDADES DE LA DIVISIÓN DE CIENCIAS DE LA  
INGENIERÍA DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE DE LA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

**JUAN DANIEL AGUILAR BRAVO**

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO**

EN EL GRADO ACÁDEMICO DE

**LICENCIADO**

QUETZALTENANGO, OCTUBRE 2023



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE  
DIVISIÓN DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
INGENIERÍA MECÁNICA



**AUTORIDADES DE LA USAC**

RECTOR MAGNIFICO: MSc. WALTER RAMIRO MAZARIEGOS BIOLIS  
SECRETARIO GENERAL: LIC. LUIS FERNANDO CORDÓN LUCERO

**CONSEJO DIRECTIVO**

PRESIDENTE: Dr. CÉSAR HAROLDO MILIÁN REQUENA  
SECRETARIO: LIC. JOSÉ EDMUNDO MALDONADO MAZARIEGOS

**REPRESENTANTE DE DOCENTES**

MSc. EDELMAN CÁNDIDO MONZÓN LÓPEZ  
MSc. ELMER RAÚL BETHANCOURT MÉRIDA

**REPRESENTANTE DE EGRESADOS**

LIC. VÍCTOR LAWRENCE DÍAZ HERRERA

**REPRESENTANTES ESTUDIANTILES**

BR. ALEYDA TRINIDAD DE LEÓN PAXTOR DE RODAS  
BR. JOSÉ ANTONIO GRAMAJO MARTIR

**TERNA QUE REALIZÓ EL EXAMEN PRIVADO**

**SECRETARIO:** ING. ALEXANDER POCÓM LÓPEZ  
**EXAMINADOR:** ING. ERICK ADOLFO COTÍ SAC  
**EXAMINADOR:** ING. OTTO RENÉ ROJAS COYOY





## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE UNA EMPRESA CERÁMICA UBICADA EN EL PROGRESO, GUATEMALA**

Tema que me fuera presentado y aprobado por la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, según EEPFI-CP-0140-2022 de fecha 12 de enero de 2022.

**JUAN DANIEL AGUILAR BRAVO**







**EEPFI-CP-0140-2022**

**Guatemala, 12 de enero de 2022**

**Profesional**  
**Juan Daniel Aguilar**  
**Carné: 201146084**  
**Maestría En Ingeniería De Mantenimiento**  
**Presente.**

**Distinguido Profesional Aguilar**

Con un cordial saludo, se le informa que la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería ha aprobado su Protocolo de Trabajo de Graduación titulado: **"PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE UNA EMPRESA CERÁMICA UBICADA EN EL PROGRESO, GUATEMALA"** de la **Maestría en ARTES en Ingeniería De Mantenimiento**.

Con base en la evaluación realizada se hace constar la originalidad, calidad, coherencia con lo establecido en el normativo de tesis y trabajos de graduación tanto en su estructura como en su contenido. **Por lo cual el trabajo evaluado cuenta con aprobación.**

Atentamente,

*"Id y Enseñad a Todos"*

Mtro. José Efraín Estrada Estrada  
Asesor(a)

Mtra. Rocio Carolina Medina Galindo  
Coordinador(a) de Maestría

Mtro. Edgar Darío Álvarez Cotí  
Director  
Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería





Guatemala, 07 de agosto de 2023

Ingeniero

Edwin Ariel Pérez Alvarez  
Coordinador de Ingeniería Mecánica  
División de Ciencias de la Ingeniería  
Centro Universitario de Occidente  
Universidad de San Carlos de Guatemala

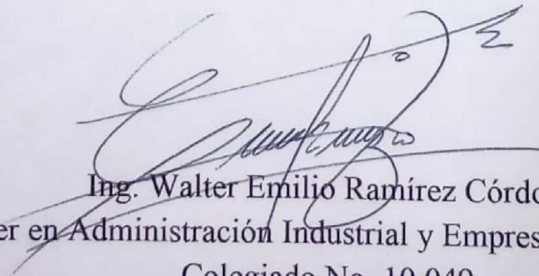
Respetable Ingeniero

El motivo de la presente es para informarle que he concluido la asesoría del trabajo de graduación, del estudiante universitario: **Juan Daniel Aguilar Bravo**, de la carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No: 2125 66229 1202 y registro académico: 201146084 procedí a asesorar el trabajo de graduación titulado: **PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE UNA EMPRESA CERÁMICA UBICADA EN EL PROGRESO, GUATEMALA**, el cual llena los requisitos exigidos por las leyes de la Universidad de San Carlos de Guatemala y del Centro Universitario de Occidente.

Por lo que, apruebo y solicito darle los tramites respectivos.

Sin otro particular, agradezco la atención prestada.

Atentamente.

  
Ing. Walter Emilio Ramírez Córdova  
Master en Administración Industrial y Empresas de Servicio  
Colegiado No. 10,049  
Asesor de tesis

Ing. Walter E. Ramírez C.  
INGENIERO INDUSTRIAL  
COLEGIADO 10,049



Quetzaltenango, 04 de agosto de 2023

Ingeniero  
Edwin Ariel Pérez Alvarez  
Coordinador de Ingeniería Mecánica  
División de Ciencias de la Ingeniería  
Centro Universitario de Occidente  
Universidad de San Carlos de Guatemala

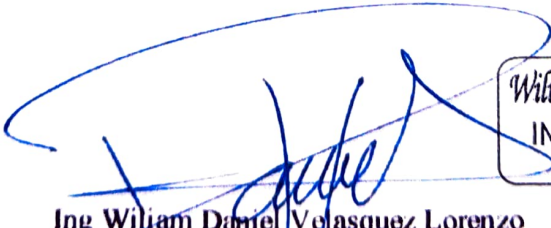
Respetable Ingeniero

El motivo de la presente es para informarle que he concluido la revisión del trabajo de graduación, del estudiante universitario: **Juan Daniel Aguilar Bravo**, de la carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No: 2125 66229 1202 y registro académico: 201146084 procedí a revisar el trabajo de graduación titulado: **PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE UNA EMPRESA CERÁMICA UBICADA EN EL PROGRESO, GUATEMALA**, el cual llena los requisitos exigidos por las leyes de la Universidad de San Carlos de Guatemala y del Centro Universitario de Occidente.

Por lo que, apruebo y solicito darle los tramites respectivos.

Sin otro particular, agradezco la atención prestada.

Atentamente.

  
Ing William Daniel Velásquez Lorenzo  
Ingeniero Mecánico  
Colegiado 13929  
Revisor

*William Daniel Velásquez Lorenzo*  
INGENIERO MECANICO  
COL. 13929





**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

División Ciencias de la Ingeniería  
Centro Universitario de Occidente  
Quetzaltenango  
Telefax: 78730000 Ext. 2255

El Infrascrito **DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA** del Centro Universitario de Occidente ha tenido a la vista la **CERTIFICACIÓN DEL ACTA DE GRADUACIÓN** No. 18-2023-IM de fecha dieciocho de octubre del dos mil veintitrés, del estudiante **JUAN DANIEL AGUILAR BRAVO**, carné No. **2125662291202** y Registro Académico No. **201146084**, emitida por el Coordinador de la Carrera de **INGENIERÍA MECÁNICA**, por lo que se **AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN** titulado: **“PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE UNA EMPRESA CERÁMICA UBICADA EN EL PROGRESO, GUATEMALA”**.

Quetzaltenango, 18 de octubre de 2023.

**“ID Y ENSEÑAD A TODOS”**



  
Ing. Edelman Cándido Monzón López  
Director de División  
Ciencias de la Ingeniería







## AGRADECIMIENTOS A:

- |   |   |
|---|---|
| <b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>     | Por ser el <i>alma mater</i> y por permitirme acceder a la educación superior y formarme como un profesional.   |
| <b>Al Centro Universitario de Occidente</b>       | Por ser la casa de estudios que me abrió las puertas y la que me ha brindado los conocimientos para formarme académicamente. Por haberme acompañado durante la carrera. |
| <b>A la División de Ciencias de la Ingeniería</b> | Por sus lecciones brindadas día a día a través de su personal docente, dando el conocimiento necesario para alcanzar la meta anhelada.                                  |
| <b>Al MA. Ing. Walter Emilio Ramírez Córdova</b>  | Por su asesoría, conocimiento, apoyo y tiempo invertido para la elaboración del presente trabajo, además de la amistad brindada.  |
| <b>Al Ing. William Daniel Velásquez Lorenzo</b>   | Por su amistad, apoyo, colaboración y tiempo invertido en la revisión del presente trabajo.   |



## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Sobre todas las cosas, por estar siempre a mi lado y brindarme la sabiduría, fuerza e iluminación para alcanzar esta meta anhelada.
- Mis padres** Juan Aguilar y Lesbia Bravo; por todo su amor, sacrificio y trabajo a lo largo de estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy, es un orgullo y un privilegio ser su hijo. Este triunfo es más suyo que mío, no existen palabras, actos o logros que permitan compensar todo lo que ustedes han hecho por mí, los amo.
- Mi hermana** Paola Aguilar y familia; por estar siempre presentes, brindándome su apoyo incondicional y palabras de aliento a lo largo de esta etapa de mi vida.
- Mis abuelos** Por sus oraciones, sabios consejos, palabras de aliento, apoyo incondicional y por todo el amor que me brindan, muy especialmente a mi abuelita Flory quien hoy día es un ángel para mí.

**Mi familia**

Porque con sus consejos, palabras de aliento y apoyo incondicional hicieron de mí una mejor persona y porque de una u otra forma me acompañan siempre.

**Mi novia**

Dorcas Bocanegra; por su constante apoyo, motivación y amor brindado a lo largo del proceso.

**Amigos**

Por apoyarme cuando más lo necesito, por extender su mano en momentos difíciles y por las experiencias vividas y compartidas haciendo de este proceso una experiencia inolvidable.

A quienes no mencionara de manera concreta, deseo que sepan que los aprecio más de lo que se imaginan.

¡QUÉ DIOS LOS BENDIGA A TODOS!

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	III
<b>FIGURAS</b> .....	III
<b>TABLAS</b> .....	III
LISTA DE SÍMBOLOS .....	V
GLOSARIO .....	VIII
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. ANTECEDENTES .....	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	7
3.1. Descripción y delimitación del problema.....	7
3.2. Pregunta central de investigación.....	8
3.3. Preguntas orientadoras .....	8
4. JUSTIFICACIÓN .....	9
5. OBJETIVOS .....	11
5.1. Objetivo general .....	11
5.2. Objetivos específicos.....	11
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN.....	13
7. MARCO TEÓRICO.....	15
7.1. Industria cerámica .....	15
7.2. Proceso de elaboración de baldosas cerámicas y maquinaria empleada.....	15
7.2.1. Molienda .....	15
7.2.2. Secado por pulverización de las barbotinas cerámicas .....	18
7.2.3. Prensado .....	20
7.2.4. Secado .....	22

7.2.5.	Molienda de esmaltes.....	23
7.2.6.	Líneas de esmalte .....	24
7.2.7.	Cocción.....	25
7.2.8.	Líneas de clasificación, empaquetado y patelización.....	28
7.3.	Mantenimiento industrial.....	32
7.3.1.	Conservación Industrial .....	33
7.3.2.	Historia y evolución del mantenimiento .....	33
7.3.3.	Tipos de mantenimiento .....	36
7.4.	Mantenimiento preventivo.....	42
7.4.1.	Generalidades .....	42
7.4.2.	Tecnologías de diagnóstico .....	44
7.4.3.	Plan de mantenimiento .....	46
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	51
9.	METODOLOGÍA.....	55
9.1.	Diseño de investigación.....	55
9.2.	Tipo de estudio .....	55
9.3.	Alcance de investigación .....	55
9.4.	Variables e indicadores .....	56
9.5.	Fases de investigación .....	58
9.6.	Muestreo.....	59
9.7.	Resultados esperados.....	59
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	61
11.	CRONOGRAMA.....	63
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO Y RECURSOS NECESARIOS .....	65
13.	REFERENCIAS.....	67
14.	APÉNDICES.....	71

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

Figura 1.	Esquema de solución .....	13
Figura 2.	Molino continuo .....	17
Figura 3.	Esquema general de la planta de atomización.....	19
Figura 4.	Esquematación del proceso de atomización. Vista general de planta.....	20
Figura 5.	Prensa hidráulica.....	21
Figura 6.	Secadero horizontal de múltiples planos.....	23
Figura 7.	Molino Alsing con revestimiento interior detallado.....	24
Figura 8.	Campana de esmalte .....	25
Figura 9.	Curva de cocción de un material gresificado (monococción) .. .....	26
Figura 10.	Horno monoestrato.....	28
Figura 11.	Banco de clasificación.....	29
Figura 12.	Dispositivo de control del calibre y de la planaridad.....	30
Figura 13.	Apilado .....	31
Figura 14:	Cronograma .....	63

### TABLAS

Tabla I.	Variables e indicadores .....	56
Tabla II:	Presupuesto de la investigación .....	66





## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
°C	Grados Celsius
°	Grados
m	Metro
min	Minutos
l	Litro



## GLOSARIO

<b>Alúmina</b>	Óxido de aluminio que se halla en la naturaleza algunas veces puro y cristalizado, y por lo común formando, en combinación con la sílice y otros cuerpos, los feldespatos y las arcillas.
<b>AMFE</b>	Análisis de Modos de Falla y Efectos.
<b>Baldosa</b>	Pieza de mármol, cerámica o piedra, generalmente fina y pulimentada, y de forma cuadrada o rectangular que se usa en suelos y muros.
<b>Barbotina</b>	Pasta de arcilla o caolín licuado utilizada para pegar o para decorar piezas de cerámica, con cincel o con molde.
<b>Bizcocho</b>	El bizcocho cerámico es el resultado de la primera cocción de arcilla (de baja temperatura en este caso).
<b>CMMS</b>	<i>Computerized Maintenance Management Software.</i>
<b>CNIC</b>	Centro Nacional de Investigaciones Científicas.
<b>Defloculante</b>	Aditivo que causa una dispersión más estabilizada y evita que se aglomeren las partículas finas,

manteniéndolas en suspensión y modificando el comportamiento reológico de las pastas.

<b>EOI</b>	Escuela de Organización Industrial.
<b>Gresificación</b>	La gresificación de una pasta, es llevarla a una temperatura donde el % de absorción de agua es mínimo, coincidiendo con el máximo de contracción de la pasta en la cocción.
<b>ISO</b>	<i>International Organization for Standardization.</i>
<b>Isostática</b>	Estado de equilibrio gravitacional existente entre la litosfera y la astenosfera de la Tierra, de manera que las placas litosféricas "flotan" a una elevación dada, dependiendo de su espesor.
<b>KPI</b>	Indicadores claves de desempeño ( <i>Key Performance Indicators</i> ).
<b>Nebulización</b>	Proceso por el cual se mezcla un líquido con un gas a alta presión, para la transmisión aérea óptima del mismo, dando como resultado la creación de una "nube" que aumenta el poder de penetración del líquido en cualquier superficie a su alcance.
<b>PLC</b>	Controlador lógico programable ( <i>Programmable Logic Controller</i> ).

<b>MBR</b>	Mantenimiento Basado en Riesgo
<b>RCM</b>	Mantenimiento centrado en la confiabilidad ( <i>Reliability Centred Maintenance</i> ).
<b>Refractario</b>	Que resiste la acción del fuego sin cambiar de estado ni destruirse.
<b>SACMI</b>	Cooperativa mecánica de Imola Sociedad Anónima ( <i>Società Anonima Cooperativa Meccanici Imola</i> ).
<b>Tobera</b>	Dispositivo que convierte la energía térmica y de presión de un fluido en energía cinética.
<b>TPM</b>	Mantenimiento total productivo ( <i>Total Productive Maintenance</i> ).



# 1. INTRODUCCIÓN

En la presente investigación se abordará la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para una planta de producción de una empresa cerámica ubicada en El Progreso, Guatemala, esta investigación se constituye como un emprendimiento, debido a que a la fecha la empresa no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo establecido.

El problema asociado a la falta de un plan de mantenimiento preventivo es la baja disponibilidad y fiabilidad de los equipos, lo cual se refleja en reiterados paros de producción no programados, indicadores de cantidad y calidad de producción no alcanzados, deterioro prematuro de los equipos y elevados costos de mantenimiento.

El plan de mantenimiento preventivo establecerá los procedimientos a ejecutar para las actividades de mantenimiento, generando así registro para poder llevar a cabo una trazabilidad de los equipos, control de personal, control de costos asociados al mantenimiento de equipos. Los beneficios esperados por el plan de mantenimiento preventivo son el establecimiento de indicadores de fiabilidad y disponibilidad de equipos.

Para la elaboración del plan de mantenimiento se realizará una revisión documental en donde se amplíen los temas correspondientes al mantenimiento preventivo asociado a la industria cerámica. Se recopilará información de los equipos mediante distintas tablas, y esta información será analizada para obtener tendencia de los equipos a la fecha de investigación, además, esta información será comparada con los datos indicados por los fabricantes en los distintos

manuales de operación y mantenimiento de los equipos. Finalmente se realizará un resumen de la información recopilada y se elaborará un plan de mantenimiento preventivo para los distintos equipos de la empresa.

En el capítulo I de la presente investigación se recopilará la información del proceso de fabricación de azulejos y pisos cerámicos, así como los equipos relacionados a cada una de sus etapas de producción. Se definirá el mantenimiento industrial, los tipos de mantenimiento, y se hará un enfoque especial en el mantenimiento preventivo para establecer las bases o fundamentos para la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo de equipos industriales. En el capítulo II se desarrollará la investigación, de manera que se obtengan datos e información. Así mismo, en el capítulo III se presentarán los resultados de la investigación y por último en el capítulo IV se llevará a cabo la discusión de los resultados.



## 2. ANTECEDENTES

Rashuamán (2019), presentó una investigación en la que se busca una mejora en la disponibilidad de los equipos utilizados en la fabricación de bombas centrifugas, lográndolo a través del desarrollo de una guía para la gestión de mantenimiento de los equipos de la empresa. Esta parte de la determinación de los equipos críticos de la planta de producción, formación de personal altamente capacitado y la implementación de nuevas estrategias en el mantenimiento. Al ser llevada a cabo la gestión de mantenimiento propuesta se lograron mejorar los indicadores de disponibilidad de los equipos y, por ende, se consiguieron mejores resultados en producción. El aporte metodológico realizado en esta investigación consiste en la presentación de distintos criterios para la selección de tipo de mantenimiento a aplicar en función de los equipos y la presentación de alternativas para mejorar la disponibilidad de los equipos mediante la renovación de los mismos.

Gonzáles, Loyo, López, Pérez y Cruz (2018) presentaron una investigación donde se realizó un plan de mantenimiento industrial en un taller de máquinas y herramientas por medio del Análisis de Modos de Fallas y Efectos (AMFE). Tras la investigación realizada fueron identificadas las partes o secciones a las que se les suele aplicar el mantenimiento correctivo para ser reemplazadas posteriormente por mantenimientos preventivos y predictivos, esto trajo consigo incremento en la fiabilidad y seguridad del equipo. El aporte metodológico que la investigación presenta es la utilización de la técnica AMFE.

Rodríguez (2016) presentó una investigación donde elaboró un plan de mantenimiento organizado mediante el estudio y análisis del sistema actual del mantenimiento en la empresa cerámica G.R.E.S. Posterior a la realización del trabajo de investigación, el plan de mantenimiento se encuentra más completo y organizado, se volvió más intuitivo, y está mejor adaptado a la situación real de la planta de producción, además, se elaboraron hojas de cálculo en Excel las cuales actualizaron las actividades y frecuencias de mantenimientos de los equipos. El resultado de la investigación es teórico debido a que, a la fecha de realización del mismo, no fue posible implementar el plan de mantenimiento. El aporte metodológico de la investigación se centraliza en la descripción de los equipos a mantener, gestión óptima de mantenimiento y el diseño de los planes de mantenimiento preventivo.

Herrera-Galán y Duany-Alfonzo (2016) presentaron un trabajo de investigación donde se implementó una metodología para la gestión de mantenimiento asistido por computadora, que tomó como referencia la metodología de Kant en sus dos primeros niveles, la investigación fue realizada en la Planta de Productos Naturales perteneciente al Centro Nacional de Investigaciones Científicas (CNIC). Tras la investigación realizada se cuenta con mayor organización en la planta, mejoras en recursos y medios disponibles en el departamento de mantenimiento, mejor flujo de trabajo y asignación de recursos informáticos. El aporte metodológico de la investigación parte de la interpretación y aplicación del método de Kant que plantea la posibilidad de estudiar y entender cualquier fenómeno, definido como un sistema compuesto básicamente por personas, artefactos y entorno.

Enríquez (2016), publicó una investigación donde se desarrolló una guía de implementación de la gestión del mantenimiento dirigida a los principales equipos de generación de energía eléctrica de la Central Paute Molino de CELEC EP

HIDROPAUTE, la guía se elaboró mediante la aplicación de análisis de criticidad en los equipos y un modelo de gestión del mantenimiento. Tras la investigación realizada se obtiene un manual para la implementación de modelo de gestión del mantenimiento el cual cuenta con los enunciados principales y procedimientos. El aporte metodológico que la investigación presenta parte de las metodologías para determinar grupos de criticidad y estrategias de mantenimiento.



### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **3.1. Descripción y delimitación del problema**

El problema surge en una empresa dedicada a la fabricación de azulejos y pisos cerámicos que cuenta con baja disponibilidad y fiabilidad en sus equipos. Ello se ve reflejado en paros de producción no programados por parte de mantenimiento, y en las metas no alcanzadas de cantidad y calidad de unidades producidas por parte de producción. Los problemas no son reflejados únicamente en producción, debido a que los equipos sufren un deterioro constante, acortando su vida útil. Los distribuidores resultan afectados al no poder cubrir la demanda del producto dejando clientes insatisfechos por la baja disponibilidad de productos. Mediante la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo enfocado a los equipos de la planta de producción se puede contar con un mejor control de stock de repuestos y por consiguiente una mejora en la disponibilidad y fiabilidad de los equipos.

Se cuenta con dos plantas de producción, de las cuales se seleccionará una. La planta No. 2 será la elegida, porque cuenta con mayor cantidad de producción y la que brinda mayor cobertura ante la demanda de producto. La producción se da de forma ininterrumpida, es decir, trabaja veinte cuatro horas al día, los siete días de la semana. Las posibles causas de la baja disponibilidad y fiabilidad de los equipos son: mal manejo y uso de información de equipos, stock de repuestos deficiente y la falta de un plan de mantenimiento. Los posibles efectos son paros de producción no programados, disminución en la cantidad y calidad de producción y reducción de la vida útil de los equipos.

### **3.2. Pregunta central de investigación**

¿Qué plan de mantenimiento se puede elaborar para mejorar la fiabilidad y disponibilidad de los equipos de la planta de producción de una empresa cerámica?

### **3.3. Preguntas orientadoras**

- ¿Cuáles son las condiciones de operación de los equipos a la fecha de investigación?
- ¿Cuáles son las condiciones adecuadas de operación de los equipos?
- ¿Qué estrategia puede diseñarse para mejorar las condiciones de operación de los equipos?

## 4. JUSTIFICACIÓN

La línea de investigación a la que pertenece el trabajo es control de efectividad de mantenimiento basado en indicadores (disponibilidad, tiempo entre fallas, criticidad, tiempo medio entre fallas, entre otros). Entre los aportes esperados se tienen: reducción de índice de mantenimientos correctivos en los equipos de la planta de producción, disminución de costos del departamento de mantenimiento, reducción en tiempos de espera por reparaciones, mejorar manejo de stock de repuestos, aumentar la vida útil de los equipos y repuestos, aumento de la producción y mayor seguridad industrial en personal operativo. Entre el plan de mantenimiento se incluirán los detalles de actividades rutinarias de equipos como aporte de la investigación y la forma en que se seleccionaron dichas actividades.

Los posibles beneficiarios de la investigación son el personal de la empresa, dentro de ellos el personal de mantenimiento, personal operativo, las jefaturas y la alta gerencia; además esta investigación puede ser útil para la implementación de un plan de mantenimiento preventivo a una empresa que tenga un proceso o producción similar, el beneficio se refleja en la mejora de alcances de producción tras la implementación del plan; también se cuenta con el beneficio de los clientes por contar con un producto de mayor calidad gracias a la correcta funcionabilidad de los equipos. A la fecha el departamento de mantenimiento cuenta con oportunidades de mejora, es por ello, que el elaborar un plan de mantenimiento preventivo beneficiará el aprovechamiento máximo en el rendimiento de los equipos, y repuestos; logrará mejoras en la organización de personal técnico y satisfacción por parte de personal operativo al contar con equipos en óptimas condiciones.





## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. Objetivo general**

Elaborar un plan de mantenimiento preventivo para una planta de producción de una empresa cerámica ubicada en El Progreso, Guatemala.

### **5.2. Objetivos específicos**

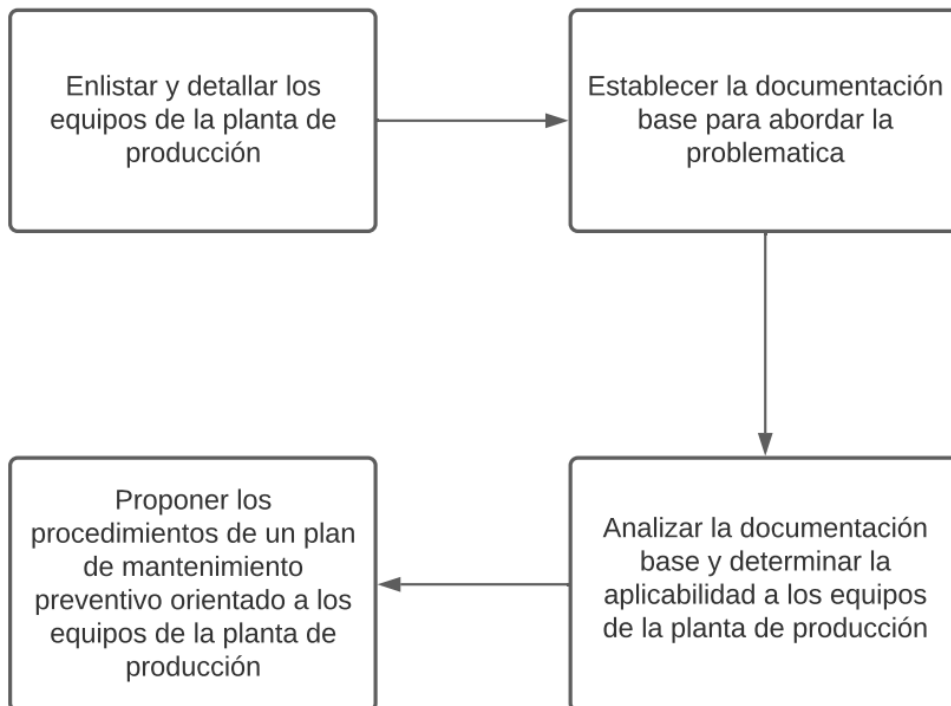
- Determinar las condiciones de operación de los equipos de la planta de producción a la fecha de investigación.
- Establecer las condiciones adecuadas de operación de los equipos de la planta de producción.
- Determinar la estrategia para mantener a los equipos de la planta de producción en condiciones adecuadas de operación.



## 6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

A continuación, la descripción de las necesidades que el trabajo pretende cubrir en el contexto específico del problema.

Figura 1. **Esquema de solución**



Fuente: Elaboración propia.

La elaboración del plan de mantenimiento preventivo para la planta de producción de una empresa cerámica inicia con el levantamiento de información de los equipos. Para la recolección de información es necesario enlistar los

equipos existentes a la fecha de investigación, y detallar en cada uno de ellos información relevante, como lo es la marca, modelo, código, matrícula, año de fabricación, capacidad, entre otros aspectos importantes según el tipo de equipo.

Al contar con el listado de equipos a incluir en el plan de mantenimiento preventivo, se establecerá la documentación necesaria que será utilizada como base para la resolución de la problemática, dentro de esta documentación se incluirán los manuales de operación y mantenimiento de los equipos, normativas vigentes en mantenimiento preventivo, manuales de implementación de mantenimiento preventivo e historial de mantenimiento de los equipos.

Las normativas, manuales de operación y mantenimiento de los equipos de la planta de producción, manuales de implementación de mantenimiento preventivo a equipos en general, historial de mantenimiento de los equipos y experiencia del personal de mantenimiento, serán analizados para determinar la información útil para aplicar a cada uno de los equipos de la planta. De esta documentación surge también, la metodología a aplicar para la elaboración del plan de mantenimiento preventivo.

El plan de mantenimiento preventivo de los equipos de la planta de producción incluirá las tareas preventivas a realizar, sus procedimientos, frecuencia, recursos necesarios y tiempos de ejecución. Dentro de las tareas de mantenimiento preventivo, serán incluidas las frecuencias de reemplazo de piezas intercambiables, limpieza e inspección, programa de lubricación, ajustes y calibración, y pruebas de funcionalidad con el visto bueno de personal de producción.

## **7. MARCO TEÓRICO**

### **7.1. Industria cerámica**

La cerámica relaciona los procesos de cocción de materiales principalmente inorgánicos, como lo son los materiales no metálicos y material orgánico que se presenta ocasionalmente (EOI, 2012).

Huamán (2013) describe la fabricación de baldosas cerámicas como un proceso que incluye varias etapas, iniciando con la selección de materias primas para la composición de la pasta. La materia prima utilizada principalmente es la arcilla, feldespatos, arenas, carbonatos y caolines, por lo general la materia prima es utilizada tal y como fue extraída, por ello requiere un proceso de homogenización previo a iniciar el proceso de fabricación.

### **7.2. Proceso de elaboración de baldosas cerámicas y maquinaria empleada**

El proceso de elaboración de baldosas cerámicas y la maquinaria relacionada a cada una de las etapas, se mencionan a continuación:

#### **7.2.1. Molienda**

La *Società Anonima Cooperativa Meccanici Imola* (SACMI), describe a la molienda como una serie de procedimientos, que pretenden reducir la dimensión de materiales, esta reducción es considerada a partir de una pretrituration hasta una extrema pulverización. La molienda no solo tiene la finalidad de reducir el

tamaño de las partículas o granos de arcilla, sino tener control sobre el tamaño final del mismo, según los requerimientos que tenga la producción (SACMI, 2004).

La molienda se puede dar de dos formas, según SACMI (2004) esta puede ser por vía seca o por vía húmeda. Para obtener una mayor reducción granulométrica y mejor homogeneización se elige el método de molienda por vía húmeda, método en el cual las materias primas se dispersan en agua para producir la barbotina.

#### **7.2.1.1. Molienda continua en húmedo**

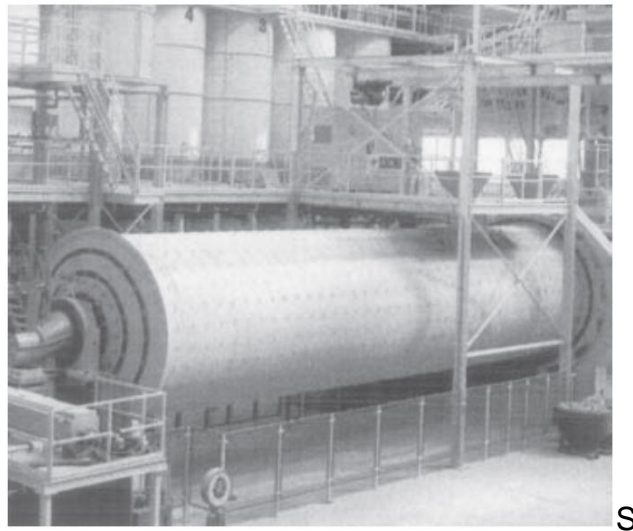
La molienda continua en húmedo, parte de un sistema de pesaje y dosificación de materia prima, la cual es depositada sobre una banda transportadora que lleva la mezcla a un silo de precarga del molino continuo. La descarga del silo se da de forma continua, acompañado de defloculante y agua para producir la barbotina, la cual es llevada a una serie de tamices para extraer posibles cuerpos sólidos. Los residuos extraídos en los tamices son enviados nuevamente al molino y la barbotina es almacenada en balsas colectoras, para poder ser bombeadas al atomizador (Estrada, 2020).

#### **7.2.1.2. Molino continuo**

El molino continuo consiste en una estructura cilíndrica fabricado en chapa de acero de gran espesor, que cuenta con escotillas para mantenimiento e inspección, fondos con aberturas para la alimentación y descarga de la materia prima de forma continua, sistema motriz, sistema de lubricación y cuadro eléctrico con Controlador Lógico Programable (PLC, por sus siglas en inglés) (SACMI, 2004).

El cilindro del molino cuenta con un revestimiento interno de caucho resistente al desgaste y bolas de alúmina que realizan acción de molienda. El cilindro en su interior es separado por diafragmas entre sus distintas secciones, generalmente de dos a tres (SACMI, 2004).

Figura 2. **Molino continuo**



Fuente: SACMI (2004). *Tecnología cerámica aplicada. Vol. 2.*

El principio de funcionamiento del tambor cilíndrico con revestimiento helicoidal se basa en la fuerza de gravedad y la acción centrífuga, este principio establece que las partículas suspendidas en el líquido en conjunto con las bolas de alúmina se concentran en la pared interna del cilindro y con el constante rose producen la reducción en la dimensión de las partículas a las especificaciones requeridas (SACMI, 2004).

## **7.2.2. Secado por pulverización de las barbotinas cerámicas**

Los procesos de filtroprensado, secado, molienda, rehumectación y clasificación han sido reemplazados en la actualidad por el secado por pulverización de barbotina cerámica, proceso que ha reducido los tiempos de mantenimiento y mano de obra. El producto obtenido cuenta con un porcentaje de humedad, forma y granulometría necesaria para el proceso siguiente que es el prensado (Estrada, 2020).

### **7.2.2.1. Clasificación de atomizadores**

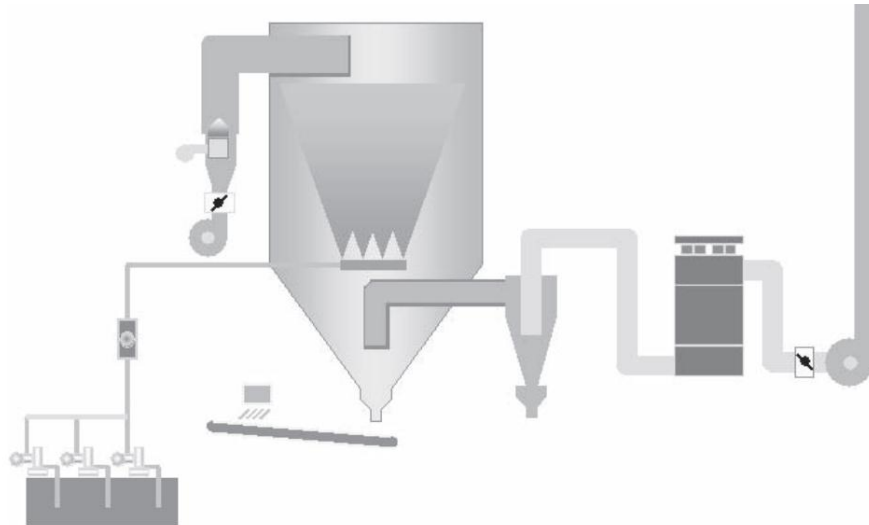
SACMI (2004) subdivide a los atomizadores en las siguientes dos grandes categorías:

- De calor directo: atomizador en el cual la parte líquida de la barbotina se elimina con el intercambio de calor con aire o gas de combustión.
- De calor indirecto: el líquido a evaporar es calentado por conducción.

En el presente caso, se hace uso de atomizadores de calor indirecto, los cuales transmiten el calor a la barbotina por conducción, específicamente se emplea un atomizador con toberas.



Figura 3. **Esquema general de la planta de atomización**



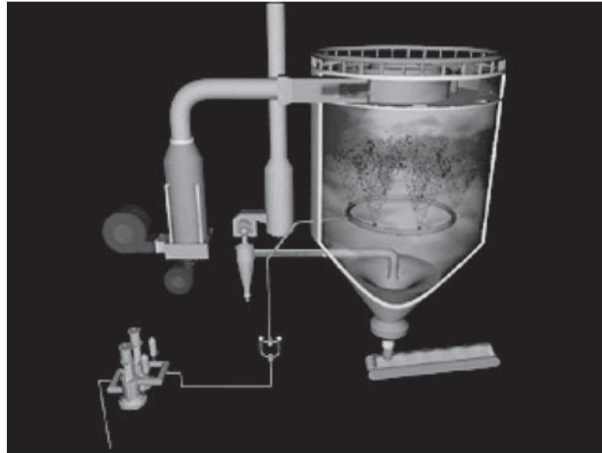
Fuente: SACMI (2004). *Tecnología cerámica aplicada. Vol. 2.*

#### **7.2.2.2. Atomizador con toberas**

Para la fabricación de baldosas cerámicas es necesario contar con arcilla de tamaño de grano y humedad controlada, para el control de estas variables se utilizan los atomizadores con toberas que funcionan absorbiendo humedad de la barbotina mediante el contacto con aire caliente (Estrada, 2020).

En la industria se cuenta con una variedad de atomizadores, siendo el de corrientes mixtas, el tipo de atomizador a estudiar. Este atomizador funciona mediante ingresando una corriente de aire caliente descendiente y la nebulización de barbotina dirigida a la parte superior de la cámara del mismo (SACMI, 2004).

Figura 4. **Esquemmatización del proceso de atomización. Vista general de planta**



Fuente: SACMI (2004). *Tecnología cerámica aplicada. Vol. 2.*

### **7.2.3. Prensado**

Proceso de fabricación de piezas mediante la compactación de arcilla, este se compone de las tres operaciones fundamentales siguientes: conformación de la baldosa, compactación de polvo y densificación de polvo (SACMI, 2004).

El proceso de prensado se clasifica de la siguiente manera, en función del porcentaje de agua que contenga el material: prensado en estado plástico, prensado en estado semiseco y prensado en estado seco. El proceso de prensado se puede llevar a cabo por medio de los siguientes tipos de prensa: prensa mecánica, prensa hidráulica y prensa isostática (SACMI, 2004).

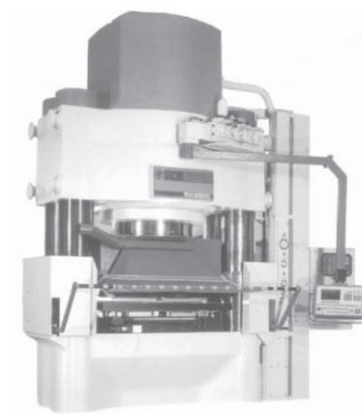
Los equipos de prensado correspondientes a la presente investigación pertenecen a la categoría de prensado en estado semiseco, específicamente se utilizan prensas hidráulicas.

### **7.2.3.1. Prensa hidráulica**

El principio básico del funcionamiento de la prensa hidráulica es la oleodinámica, misma que se refiere a la acción que un fluido líquido bajo presión ejerce sobre un cilindro (Estrada, 2020).

La prensa hidráulica cuenta con ciertas características que la hacen especialmente apropiada para las aplicaciones de la industria cerámica, dentro de estas características se encuentra la uniformidad de distribución de las fuerzas de compresión y la absoluta repetitividad en el tiempo de los ciclos de prensado (Estrada, 2020).

**Figura 5. Prensa hidráulica**



Fuente: SACMI (2004). *Tecnología cerámica aplicada. Vol. 2.*

#### **7.2.4. Secado**

El secado es el proceso de fabricación de piezas cerámicas en el cual se extrae la humedad mediante la evaporación. Para desarrollar el secado es importante tomar en cuenta variables como la humedad relativa, la velocidad del aire, dimensionamiento de las piezas en función de su humedad y la capacidad secante del ambiente (Estrada, 2020).

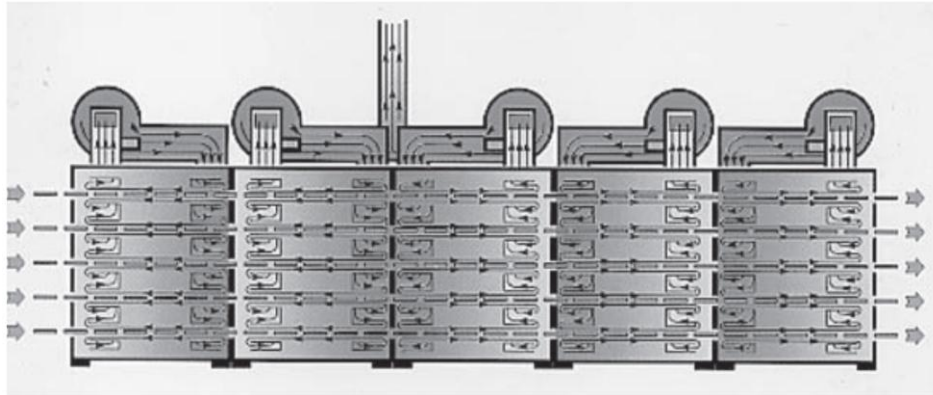
El secado se compone de una transferencia de calor dirigida del ambiente al cuerpo cerámico, y al mismo tiempo se da una transferencia de calor del vapor del agua en dirección contraria. La transferencia de calor puede darse por radiación, convección o conducción (Estrada, 2020).

Principalmente los secaderos más empleados son los de disposición vertical y horizontal, estos comparten muchas similitudes en cuanto a su tecnología, pero difieren en el funcionamiento (SACMI, 2004).

##### **7.2.4.1. Secaderos horizontales**

Los secaderos horizontales están fabricados con distintos módulos de estructura metálica y tubería externa, misma que es utilizada para recircular aire caliente en el interior del secadero. Las piezas son desplazadas gracias a un conjunto de rodillos que son traccionados por medio de motores con velocidad regulable, y en cada zona del secadero se cuenta con quemadores que se encargan de conservar caliente el aire interno (SACMI, 2004).

Figura 6. **Secadero horizontal de múltiples planos**



Fuente: SACMI (2004). *Tecnología cerámica aplicada. Vol. 2.*

### **7.2.5. Molienda de esmaltes**

El proceso de molienda de esmaltes es demandante hablando en términos energéticos por lo que es recomendable ejecutar esta actividad en horas de la noche (Estrada, 2020).

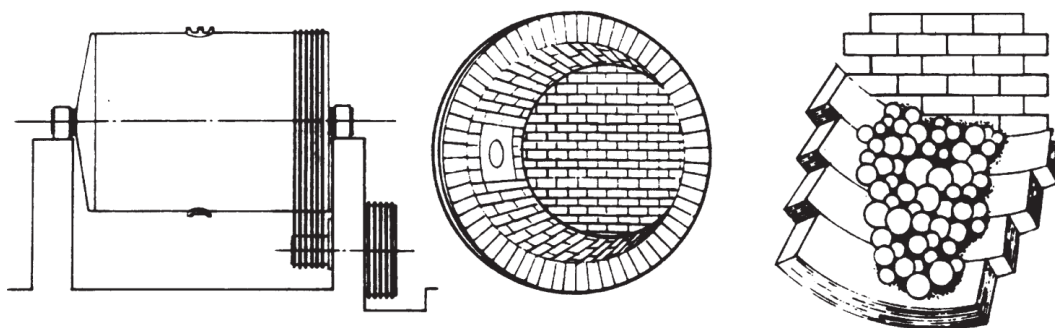
El punto más adecuado para situar el área de molienda de esmaltes es un punto intermedio entre líneas de esmalte y la bodega, en donde se almacena la materia prima; esto con el objetivo de reducir el transporte y facilitar y asegurar el trabajo del personal (Estrada, 2020).

#### **7.2.5.1. Molino Alsing**

Este tipo de molinos es el utilizado en la etapa de molienda de esmaltes, mismos que se presentan en capacidades desde 300 l, hasta los 12,000 l. Estos molinos son constituidos de una pared metálica de forma cilíndrica con

revestimiento interno de alúmina sinterizada, en su interior se almacenan las bolas de alúmina, la parte de la tapadera es construida de acero inoxidable para evitar la contaminación (SACMI, 2004).

Figura 7. **Molino Alsing con revestimiento interior detallado**



Fuente: SACMI (2004). *Tecnología cerámica aplicada. Vol. 2.*

El procedimiento a seguir posterior a la molienda es liberar la presión del molino, esto debido a que, por la constante fricción interna entre piezas móviles y fijas, se eleva la temperatura y puede provocar un accidente laboral. Al final de cada molienda se deben lavar los equipos para evitar contaminación (SACMI, 2004).

#### **7.2.6. Líneas de esmalte**

Es el área en donde se transporta el material a través de los distintos equipos de aplicación, este transporte se logra mediante la utilización de un sistema de fajas (Estrada, 2020).

La ubicación de la línea de esmaltes es entre la mesa de salida del secadero y la carga del horno de cocción. Dentro de las condiciones de diseño e instalación se contempla contar con un suelo inclinado y de propiedad antideslizante, canaletas y una buena iluminación (Estrada, 2020).

La composición de las líneas de esmaltado se obtiene ensamblando las máquinas individuales, sobre módulos previamente preparados, que juntas el uno al otro determinan la línea final (Estrada, 2020).

Figura 8. **Campana de esmalte**



Fuente: SACMI (2004). *Tecnología cerámica aplicada. Vol. 2.*

### **7.2.7. Cocción**

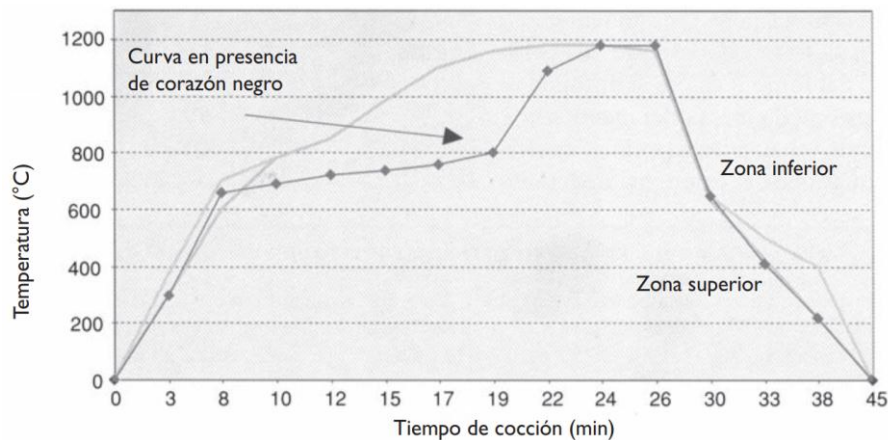
Proceso en el cual se transfiere energía en forma de calor a los productos secos, esta transferencia de calor se da considerando temperatura y tiempo de permanencia; el calentamiento hace que las piezas se expandan y permite la fusión de fundentes. Dentro de las características que se consiguen por el

proceso de cocción se encuentran el aumento de resistencia mecánica, química, entre otros. En la etapa final se encuentra el enfriamiento, el cual parte de la solidificación del fundido, dando mayor cohesión y solidez a la pasta y esmalte (SACMI, 2004).

El ciclo de cocción propicia el aumento de temperatura desde la temperatura ambiente hasta el valor máximo establecido o requerido, tiempo de permanencia a la temperatura máxima y finalmente con la reducción de temperatura a temperatura ambiente (SACMI 2004).

SACMI (2004) clasifica los tipos de cocción de la forma siguiente: cocción del bizcocho, cocción del esmalte, mejor conocido como bicocción y por último la monococción. Para fines de esta investigación el tipo de cocción a estudiar es la monococción.

Figura 9. **Curva de cocción de un material gresificado (monococción)**



Fuente: SACMI (2004). *Tecnología cerámica aplicada. Vol. 2.*



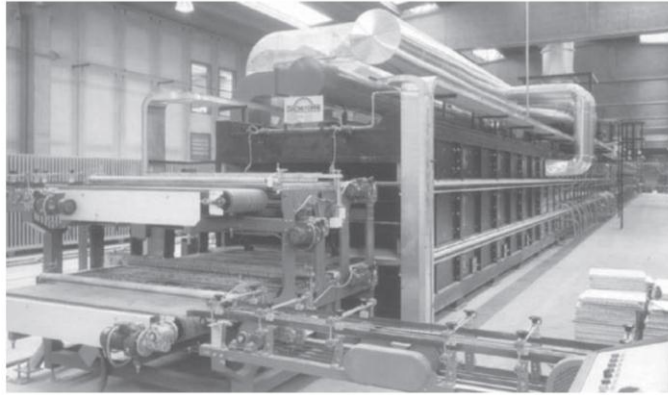
### **7.2.7.1. Hornos de cocción de la cerámica**

Para SACMI (2004), los hornos son los equipos en los cuales se lleva a cabo la transferencia de calor del ambiente hacia las piezas de baldosas cerámicas, proceso conocido como cocción. Las formas de transferencia de calor que se dan en el horno son transferencia de calor por conducción, convección y radiación.

Comercialmente los hornos se encuentran en presentación monocanal y bicanal, esto para los hornos dedicados a la producción de baldosas cerámicas. El proceso interno del horno inicia cuando el material crudo ingresa al horno y avanza a través de él pasando por las siguientes zonas o etapas: zona de precalentamiento, cocción, enfriamiento rápido, enfriamiento lento y por último el enfriamiento final. El ciclo del horno es el tiempo que demora el material en atravesarlo (SACMI, 2004).

El horno monoestrato con sistema de transporte de material por medio de rodillos, está compuesto generalmente por módulos de aproximadamente 2 metros de largo, dispuestos de forma continua, es decir, uno después del otro, estos módulos cuentan con las paredes cubiertas de material refractario. El horno, además, cuenta con una cámara de tratamiento térmico que mejora el intercambio térmico entre baldosas y humos, esto gracias a la utilización de diferentes ventiladores que evacuan más rápidamente los humos (SACMI, 2004).

Figura 10. **Horno monoestrato**



Fuente: SACMI (2004). *Tecnología cerámica aplicada. Vol. 2.*

#### **7.2.8. Líneas de clasificación, empaquetado y patelización**

Estas son las etapas finales del proceso de elaboración de baldosas cerámicas, estas etapas tienen la característica de que en ellas ya no se pueden hacer aportes para modificar las características del material. La clasificación tiene la función de subdividir el producto con su empaque correspondiente, de acuerdo a los parámetros impuestos por la empresa cerámica (Estrada, 2020).

El análisis y clasificación de baldosas se realiza de forma visual, control dimensional y geométrico automático, para determinar defectos de forma y tonalidad en las baldosas, para agrupar las piezas que cuenten con las mismas características y proceder al empaque (Estrada, 2020).

Las principales máquinas utilizadas en la clasificación, empaquetado y paletización de baldosas cerámicas se abordan a continuación.

### **7.2.8.1. Líneas de enlace**

Las líneas de enlace son las encargadas de conectar al horno o algún sistema de almacenamiento de material con la zona de clasificación. Las líneas se conforman de sistemas de transporte por medio de fajas que también cumplen la función de regular el flujo y ordenar el material (SACMI, 2004).

### **7.2.8.2. Estación de clasificación visual**

En esta etapa del proceso, el o los operadores intervienen el material catalogándolo como bueno o malo en función de las características del mismo. Para llevar este control cualitativo, es necesario contar con un flujo continuo en la línea. Este análisis debe realizarse en un espacio con la correcta iluminación, dicho análisis consiste en marcar las baldosas para su posterior empaque de acuerdo a sus características, este marcaje se realiza generalmente con una tinta especial fluorescente (SACMI, 2004).

Figura 11. **Banco de clasificación**

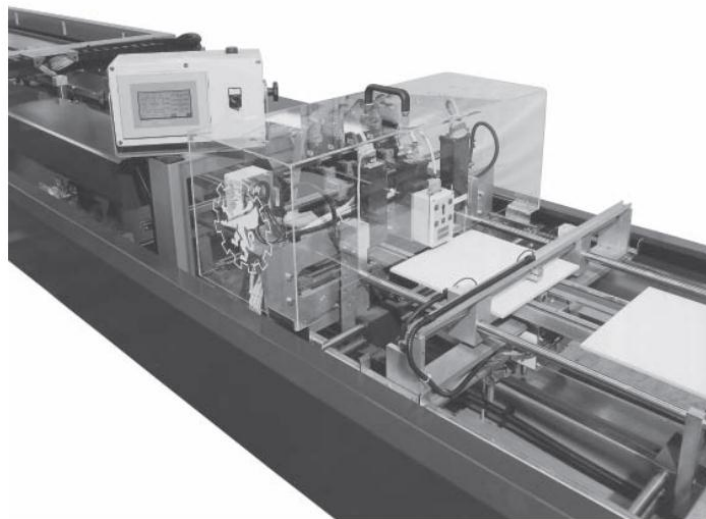


Fuente: SACMI (2004). *Tecnología cerámica aplicada. Vol. 2.*

### 7.2.8.3. Tramo de controles

El tramo de controles se encuentra seguido de la estación de clasificación visual, este tramo de controles se compone de un dispositivo de control de dimensiones (calibre) y un dispositivo de control de la planaridad. El dispositivo de calibre divide a las baldosas según su calibre y calidad y el dispositivo de planaridad los divide según su calidad (SACMI, 2004).

Figura 12. **Dispositivo de control del calibre y de la planaridad**



Fuente: SACMI (2004). *Tecnología cerámica aplicada. Vol. 2.*

### 7.2.8.4. Zona de repartición y apilado

En esta etapa del proceso se cuenta con un equipo que consta de dos correas laterales que son acompañadas por un conjunto de piezas elásticas que

permiten la recepción de las piezas de baldosas cerámicas. Esta etapa del proceso se da después del tramo de controles, es decir, en este punto se cuenta con producto con condiciones de calidad satisfactorio (SACMI, 2004).

Figura 13. **Apilado**



Fuente: SACMI (2004). *Tecnología cerámica aplicada. Vol. 2.*

#### **7.2.8.5. Empaquetado**

El empaquetado es el proceso en el que el material apilado se encierra en un soporte de cartón con el objeto de facilitar su contención, movimiento y transporte, para el proceso de empaquetado se hace uso de cola para garantizar la correcta fijación del cartón. El empaquetado puede realizarse de forma automática o semiautomática, en el último caso se requiere la intervención de un operador (SACMI, 2004)

#### **7.2.8.6. Zona de impresión y etiquetado**

Este proceso se encuentra enseguida del empaquetado y en ella se incluye la información principal del producto, información que es impresa generalmente a través de impresoras con sistema de chorro de tinta (SACMI, 2004).

#### **7.2.8.7. Zona de paletización**

La zona de paletización se encuentra posterior a la impresión y etiquetado, en esta zona se cuenta con un robot cartesiano, el cual cumple con movimientos en 3 direcciones, con el fin de recoger los paquetes de baldosas y depositarlos en los pallets correspondientes a su clasificación (SACMI, 2004).

Los paletizadores son comercializados principalmente en función de la disposición del riel, siendo los más comunes los siguientes: con riel aéreo y con el riel a tierra. En el presente estudio se cuenta con un especial interés con los que cuentan con el riel aéreo (SACMI, 2004).

### **7.3. Mantenimiento industrial**

Según la UNE (2011), el mantenimiento tiene el objetivo de preservar o restaurar los equipos a un estado en el cual, ejecuten las actividades para las cuales fueron fabricados, esto mediante la vinculación de todas las actividades técnicas, administrativas y gerenciales a lo largo del ciclo de vida del equipo.

En la actualidad se maneja un concepto limitado sobre lo que es el mantenimiento industrial, por lo que resulta necesario replantearlo; bajo esta noción se incluye el concepto de conservación industrial.

### **7.3.1. Conservación Industrial**

Para Villanueva (2014), el enfoque de la conservación industrial va más allá de los equipos, recurso humano o producción. Este también se enfoca al servicio que lo producido proporcione, alineándose así al objetivo principal de las industrias, el cual es crear productos satisfactorios, para conservar su posición en el mercado.

### **7.3.2. Historia y evolución del mantenimiento**

El hombre desde sus inicios, ha sentido la necesidad de fabricar herramientas y perfeccionarlas día a día, con el fin de que estas le permitan conseguir sus satisfactorios físicos y psíquicos. En el siglo XVII durante la Primera Revolución Industrial, se consideró que, para fabricar un producto cualquiera, era necesario emplear 90% de mano de obra y el resto lo proporcionaban las máquinas. En el transcurrir del tiempo y a través del esfuerzo de mejorar las máquinas haciéndolas más rápidas y precisas, a la fecha se consigue obtener productos o servicios con máquinas que se encargan de elaborar más del 90% de éste, esto ha sido posible gracias a la dedicación que la humanidad le ha puesto al desarrollo de las labores de cuidado a sus recursos físicos, materia a la que desde sus inicios se llamó mantenimiento (Rivera, 2011).

Desde la Tercera Revolución Industrial en los años cincuenta, la máquina sólo constituye el medio para obtener un fin, que es el satisfactorio, producto más servicio; se debe considerar que una instalación industrial se compone de un sistema equipo satisfactorio (Rivera, 2011).

De esta manera es posible ver que el área de mantenimiento actual no ha adoptado el cambio según el determinismo tecnológico de la historia, y se sigue llamando mantenimiento a una labor que tiene dos etapas, una dedicada a la preservación de la máquina y otra dedicada a mantener la calidad del producto fabricado con la misma (Rivera, 2011).

### **7.3.2.1. Generaciones del mantenimiento**

El mantenimiento industrial al igual que muchas otras especialidades ha contado con evolución, y en el caso del mantenimiento hoy día se consideran cinco generaciones que coexisten en el tiempo.

#### **7.3.2.1.1. Primera generación**

Es la generación más larga, parte desde la revolución industrial hasta después de la segunda guerra mundial; esta primera generación se ocupaba sólo de reparar averías, básicamente lo que conocemos hoy en día como mantenimiento correctivo, mantenimiento que aún impera en muchas industrias (Cruz, 2011).

#### **7.3.2.1.2. Segunda generación**

Generación comprendida entre la segunda guerra mundial y finales de los años 70, época en la que se buscó la eficiencia en los mantenimientos, es decir, hacer más al menor costo posible (Cruz, 2011).

En este lapso, se descubre la relación entre la edad de los equipos y la probabilidad de fallo, comenzando a hacer sustituciones de piezas como parte del mantenimiento preventivo e incluyendo herramientas informáticas como el



sistema de administración del mantenimiento por computadora (CMMS por sus siglas en inglés), para la programación del mismo (González, 2005).

#### **7.3.2.1.3. Tercera generación**

González (2005), delimita esta generación entre los años 80 y 90; los objetivos de mantenimiento en esta época se centran en ocho aspectos: disponibilidad, fiabilidad, optimización de costos, mayor seguridad, incremento de calidad, conciencia en preservar el medio ambiente, aumento de duración de equipos y vigilancia de la norma vigente.

González (2005), encontró en esta generación mayor interés en el análisis de fallos mediante el estudio de sus causas y efectos, y observo el surgimiento de nuevas técnicas de mantenimiento basado en la condición de los equipos, tal es el caso del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM, por sus siglas en inglés) y el Mantenimiento Total Productivo (TPM, por sus siglas en inglés).

#### **7.3.2.1.4. Cuarta generación**

González (2005), marca el inicio de esta generación desde principios de los años 90 hasta nuestros días; en esta generación se integran todos los conceptos anteriormente mencionados y orienta la gestión del mantenimiento hacia la satisfacción de los clientes.

En esta etapa se promueve en mayor grado la tercerización de actividades de mantenimiento, se incluyen Indicadores Claves de Rendimiento (KPI, por sus siglas en inglés), con sanciones o premiaciones, se une a esta generación el Mantenimiento Basado en Riesgo (MBR) (González, 2005).

#### **7.3.2.1.5. Quinta generación**

La quinta generación del mantenimiento se concentra en la terotecnología o ingeniería del mantenimiento, concepto que involucra el estudio y gestión de la vida de un activo de principio a fin, además relaciona la economía y la tecnología de un activo para incrementar la fiabilidad y optimización de los recursos de mantenimiento. El objetivo de combinar la economía y la tecnología es incrementar la productividad de empresa al menor costo posible.

El hecho de que una generación termine no quiere decir que ya no se realice, es común observar que estas generaciones coexisten en las distintas industrias en las cuales se practica el mantenimiento industrial.

#### **7.3.3. Tipos de mantenimiento**

Mientras el mantenimiento es una disciplina unificada, las actividades del mismo se dividen en distintas clasificaciones. Es frecuente considerar que las actividades de mantenimiento se clasifican en tres grandes grupos, los cuales son: mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo, pero este tipo de clasificación carece de sentido técnico y utilidad práctica.

Se presenta, por lo tanto, una clasificación alternativa, dividiendo el mantenimiento industrial en tres categorías: según su especialidad, según el alcance de las tareas, y según su relación con la falla.

### **7.3.3.1. Mantenimiento según especialidad**

Esta primera clasificación depende de la categorización del trabajo a realizar, según su especialidad tecnológica. La principal utilidad de esta clasificación está en la organización del personal y las herramientas dedicadas a cada tarea.

#### **7.3.3.1.1. Mantenimiento mecánico**

Es el tipo de mantenimiento aplicado a equipos sujetos a constante movimiento, con el objetivo que este pueda desempeñar correctamente la función para la cual fue diseñado.

El personal de mantenimiento mecánico debe ser capaz de cubrir las siguientes actividades: lubricación y engrase, reemplazo de piezas, instalación de nuevos sistemas mecánicos, detección de fallas, pruebas diagnósticas, reparaciones de emergencia, alineación y calibración de piezas, entre otras. Las habilidades con las que debe contar el personal de mantenimiento son: manejo de instrumentos de medición, conocimientos de mecánica, hidráulica y neumática, ser ingenioso al proponer soluciones y que trabaje con enfoque en la seguridad industrial, y manejo de softwares utilizados para la gestión del mantenimiento.

#### **7.3.3.1.2. Mantenimiento eléctrico**

El mantenimiento eléctrico comprende todas aquellas actividades dirigidas a salvaguardar la vida de personas de descargas eléctricas y prevención de averías de equipos eléctricos; garantizando así su correcta funcionalidad,

evitando paros de producción y caer en gastos innecesarios brindando además eficiencia en los equipos eléctricos.

Las actividades a desempeñar por parte de personal de mantenimiento eléctrico son: limpieza de tableros eléctricos, engrase de terminales eléctricas móviles, apriete de conexiones, toma de datos de consumo eléctrico, temperaturas en bobinas, entre otros. Cabe mencionar que el personal de mantenimiento eléctrico requiere contar con formación en electricidad industrial para evitar comprometer su integridad física, la del equipo y aledaños.

#### **7.3.3.1.3. Mantenimiento de instrumentación**

El mantenimiento de instrumentación es el que se le brinda a equipos automatizados y semiautomatizados, a estos equipos generalmente se le realizan actividades como: la limpieza, verificación y diagnóstico de lazo de control, la cual determina si este se encuentra trabajando dentro de los parámetros establecidos o si requiere una recalibración o reemplazo.

Este tipo de mantenimiento debe ser realizado por personal altamente capacitado, con estudios en instrumentación industrial y electrónica; esto debido a que los problemas asociados a la instrumentación industrial no son tan fáciles de detectar y requieren de un exhaustivo análisis y manejo de tecnología. Por tratarse de sistemas más novedosos. El personal de mantenimiento de instrumentación deberá contar

#### **7.3.3.1.4. Mantenimiento de obra civil**

Conjunto de actividades programadas dirigidas a la preservación de la obra civil de las instalaciones a aplicar mantenimiento, esto con el fin de conservarlas para satisfacer las necesidades para las que fueron creadas.

#### **7.3.3.1.5. Limpiezas técnicas**

La limpieza técnica suele no ser valorada, a pesar de que ayuda a evitar averías prematuras y posibles multas por no realizar una correcta gestión de los residuos. Esta limpieza va más allá de la limpieza por motivos de higiene de los suelos, paredes, mobiliario, cristales y baños, que es imprescindible, la limpieza técnica responde a la necesidad de realizar una gestión inteligente de los activos de la empresa.

#### **7.3.3.2. Mantenimiento según el alcance de las tareas**

Esta categoría de la clasificación del mantenimiento se define en función del peso de las tareas a realizar, específicamente dependiendo del personal y tiempo requerido para las mismas.

##### **7.3.3.2.1. Conductivo**

Este tipo de mantenimiento incluye una serie de inspecciones básicas, agregando determinadas tareas rutinarias que no requieren un conocimiento técnico avanzado, generalmente antes o después de las tareas de producción estándar y es realizado por personal de producción.

#### **7.3.3.2.2. Mantenimiento menor**

Es el tipo de mantenimiento de carga ligera realizado por el personal de mantenimiento, incluyendo inspecciones, revisiones y sustituciones de determinados componentes, este tipo de actividades tienen un impacto medio o moderado, y se busca que no interrumpa la producción.

#### **7.3.3.2.3. Mantenimiento mayor**

Este mantenimiento es conocido por mantenimiento cero horas, *overhaul* o *hard time*, y consiste en actividades dirigidas a corregir errores antes de que se presente algún inconveniente en el equipo o su fiabilidad disminuya. Entre las actividades que se desarrollan en este tipo de mantenimiento se encuentra la sustitución de piezas sometidas a desgaste constante, con el fin de mejorar la fiabilidad y disponibilidad de los equipos.

#### **7.3.3.3. Mantenimiento según la relación con la falla**

Este tipo de mantenimiento se divide en dos distintas etapas: la primera es la que se basa en la relación existente entre las fallas ocurridas y los mantenimientos realizados, y la segunda etapa se refiere a la solución propuesta.

##### **7.3.3.3.1. Después de la falla**

El mantenimiento después de la falla se da como una consecuencia directa de la misma, tiene la ventaja de nunca ser mantenimiento innecesario, ya que la falla ya está presente, sin embargo, basar el mantenimiento en este proceso puede aumentar la intensidad de las fallas.

- **Mantenimiento correctivo:** el mantenimiento correctivo se basa en, una vez la falla ha sido identificada, corregir la falla y reparar de manera definitiva el equipo, regresando la maquinaria a la condición inicial del mismo (Cruz, 2011).
- **Mantenimiento de mejora:** Consiste en eliminar la falla del equipo de forma definitiva, mediante la modificación del diseño de las piezas, uso de nuevos materiales, o todo aquello que proporcione una ventaja al mantenimiento del mismo (Cruz, 2011).
- **Mantenimiento paliativo:** Este mantenimiento se encarga de poner en funcionamiento al equipo, aunque no quede eliminada la fuente que provocó la falla. Mientras es más sencillo de realizar, aumenta el riesgo de la presencia de la misma falla en el futuro (Cruz, 2011).

#### **7.3.3.3.2. Antes de la falla**

El mantenimiento antes de la falla busca evitar que la misma suceda, prevenirla antes de que esta pueda causar un daño mayor al proceso de producción. Este es el enfoque de aplicación preferido por una gran porción de la industria debido a su reducción de riesgo.

- **Mantenimiento preventivo sistemático:** Este sistema de mantenimiento se basa en el seguimiento de variables de manera periódica, generalmente tiempo de trabajo o variables de cantidad de operación, indicadores de la cantidad de trabajo realizado por la maquinaria, siguiendo una serie de actividades programadas en función de estas variables. Una de las características propias de esta

clasificación del mantenimiento es que estas actividades se realizan independientemente del estado del equipo (Cruz, 2011).

- **Mantenimiento predictivo:** El mantenimiento predictivo es un sistema que se basa en la relación de una variable física indicadora de desgaste o estado de la maquinaria, como base para tomar decisiones respecto a la realización de actividades de mantenimiento. Este sistema se basa en la medición, el monitoreo y el seguimiento de parámetros y condiciones indicadores del estado operativo de la maquinaria y equipo (Cruz, 2011).

#### **7.4. Mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo busca minimizar las fallas potenciales en los equipos mediante el seguimiento de un conjunto de tareas previamente programadas (Estrada, 2020).

Un mantenimiento preventivo bien ejecutado eleva los indicadores de disponibilidad y fiabilidad de los equipos. La disponibilidad hace referencia a la probabilidad que un equipo esté en condiciones de funcionamiento cuando sea necesario. La confiabilidad se refiere a la probabilidad de que un equipo esté funcionando en un momento determinado (Estrada, 2020).

##### **7.4.1. Generalidades**

El mantenimiento preventivo puede ser planeado o programado en función del tiempo, uso o la condición en la que se encuentre el equipo (Estrada, 2020).



Según Duffuaa et al. (2012), el mantenimiento preventivo es más aceptable por las siguientes razones:

- Las actividades de mantenimiento preventivo reducen la frecuencia de fallas prematuras en los equipos.
- En fallas que no se pueden prevenir se reduce la severidad de la misma y ayuda a mitigar posibles efectos secundarios.
- Detección de fallas inminentes, mediante el control de parámetros en equipos que sirven de indicadores de la condición del mismo.
- Reducción en los costos directos (por ejemplo, materiales y repuestos) o en los costos indirectos (por ejemplo, pérdidas en producción).

El mantenimiento preventivo se compone de una serie de tareas a realizar para la prevención de la falla, estas tareas se realizan basadas en el tiempo o en la condición del equipo. Generalmente, los equipos suelen ser complejos y las fallas varían en función de sus componentes, por lo que las tareas del mantenimiento preventivo se basan tanto en el tiempo como en la condición del equipo (Duffuaa et al., 2012).

Duffuaa et al. (2012), utiliza tres medidas para controlar que el programa de mantenimiento preventivo sea completo, siendo las siguientes:

- Cobertura: porcentaje de equipo crítico incluido en el programa.
- Cumplimiento: porcentaje de rutinas completado.
- Trabajo generado por las rutinas: número de mantenimientos solicitados fruto de las rutinas de mantenimiento preventivo.

## **7.4.2. Tecnologías de diagnóstico**

La tecnología ha evolucionado hasta el punto de crear dispositivos de diagnóstico sofisticados que son de gran ayuda a la programación de mantenimientos preventivos en función a la condición de los equipos, considerando que anteriormente se hacía únicamente uso de los sentidos. El objetivo de la inspección era buscar un desperfecto para programar la actividad de mantenimiento. Las tecnologías de diagnóstico más utilizadas en la actualidad son la inspección visual, líquidos penetrantes, partículas magnéticas, análisis de vibraciones, el análisis de aceites, la termografía y el ultrasonido (Duffuaa et al., 2012).

### **7.4.2.1. Inspección visual**

Aún con la implementación de otras tecnologías, la inspección visual sigue siendo una de las bases del mantenimiento, gracias a la cantidad de información que puede proveer y al hecho de que no requiere una gran inversión. Sin embargo, su calidad depende de la capacidad del trabajador designado.

### **7.4.2.2. Líquidos penetrantes**

La técnica de líquidos penetrantes es utilizada para detectar grietas y discontinuidades en superficies debidas a factores como desgaste, corrosión, fatiga, procedimientos de mantenimiento y reparación o por manufactura (Duffuaa et al., 2012).

### **7.4.2.3. Partículas magnéticas**

En la evaluación de materiales ferromagnéticos como el níquel, hierro y principalmente acero; los ensayos de partículas magnéticas son una manera

práctica de identificar defectos superficiales. Este ensayo se basa en una magnetización del componente a evaluar seguido de la observación de la ubicación de los lugares de depósito de las partículas magnéticas, para notar anomalías que pueden haberse generado por fatiga, corrosión o sobre esfuerzo.

#### **7.4.2.4. Análisis de vibraciones**

El análisis de vibración es una técnica que se basa en la detección de anomalías o fallos, principalmente en equipos rotativos, esto a través del estudio de vibración. Su principal objetivo es representar el espectro de las vibraciones de un equipo en funcionamiento para posterior a ello realizar un análisis de su comportamiento (García, 2009).

#### **7.4.2.5. Análisis de aceites**

El análisis de aceite surge de la necesidad de determinar la composición química del aceite y buscar materiales no deseados en él. El análisis de aceites cuenta con distintas pruebas las cuales se mencionan a continuación:

- Ferrografía y detección de virutas magnéticas: consiste en examinar las partículas de desgaste metálicas para determinar el tipo y grado de desgaste del equipo.
- Análisis espectrométrico: mide la cantidad de contaminantes en el aceite (contaminantes metálicos y no metálicos).
- Cromatografía: determina cambios en las propiedades de los lubricantes (Duffuaa et al., 2012).

#### **7.4.2.6. Termografía**

La termografía se fundamenta en el principio de que todos los equipos emiten energía en su superficie, energía que es manifestada en forma de onda electromagnética que viaja a través del aire u otro medio por conducción. Esta técnica consiste en crear una imagen visible a partir de la radiación infrarroja que emiten los equipos, la cual es invisible al ojo humano (García, 2009).

#### **7.4.2.7. Ultrasonido**

El análisis por ultrasonido se fundamenta en el estudio de las ondas de sonido de alta frecuencia producida por los equipos e instalaciones, considerando que estas ondas no son perceptibles por el oído humano por estar fuera de su rango de percepción (García, 2009).

#### **7.4.3. Plan de mantenimiento**

El plan de mantenimiento consiste en el conjunto de tareas o actividades a realizar en los distintos equipos y/o instalaciones incluidos en el plan. Estas actividades deben ser específicas, con el fin de garantizar su mayor disponibilidad, confiabilidad y vida útil.

Según Santiago García (2013), existen tres formas para elaborar un plan de mantenimiento, las cuales se basan en lo siguiente:

- Instrucciones de los fabricantes: realización de los planes de mantenimiento basado en las instrucciones que dictan los fabricantes de los distintos equipos de la planta.

- Protocolos genéricos: se fundamenta en que se pueden asignar actividades de mantenimiento por tipos de equipo, independientemente de quien es el fabricante.
- RCM: plan de mantenimiento preventivo que analiza los fallos que se desean evitar.

Según Santiago García (2013), el plan de mantenimiento se compone generalmente de las siguientes actividades:

- Rutinarias: realizadas a diario, generalmente con el equipo bajo funcionamiento.
- Programadas: realizadas en distintas periodicidades a lo largo de un tiempo definido.
- Actividades realizadas durante los paros programados.

#### **7.4.3.1. Elementos del plan de mantenimiento**

Para Estrada (2020), los elementos del plan de mantenimiento son aquellas actividades planeadas de las cuales se tiene control y registro anticipado, y se distingue por lo mencionado a continuación:

- Establecimiento cuidadoso de las políticas de mantenimiento.
- Plan anticipado de aplicación de la política.
- Control de trabajo para apegarse a lo planificado.
- Recopilación de información para mantenimientos futuros.

El plan de mantenimiento preventivo debe contar mínimo, con los siguientes elementos:

#### **7.4.3.1.1. Administración del plan**

La administración del plan consiste en reunir el grupo de trabajo, el cual, de comienzo su ejecución, para ello se debe contar con un líder que asuma el compromiso de llevar a cabo lo planeado (Duffuaa et al., 2012).

#### **7.4.3.1.2. Inventario de las instalaciones**

Consiste en elaborar un inventario de los equipos existentes en la instalación, en donde también se detalle su ubicación, tipo de equipo y su criticidad (Duffuaa et al., 2012).

#### **7.4.3.1.3. Identificación del equipo**

La identificación de equipos se da mediante la asignación de un código único por equipo, en él se debe detallar como mínimo, la ubicación, tipo y número de equipo (Duffuaa et al., 2012).

#### **7.4.3.1.4. Registro de instalaciones**

El registro de instalaciones consiste en un archivo de forma digital o físico, en el cual se detalla información técnica de cada uno de los equipos incluidos en el plan de mantenimiento (Duffuaa et al., 2012).

#### **7.4.3.1.5. Programa específico de mantenimiento**

El programa consiste en un listado completo de actividades de mantenimiento a desarrollar por cada uno de los equipos incluidos en el plan de mantenimiento. Dentro del programa se cuenta con la siguiente información del

equipo: nombre, código, ubicación, lista de actividades a desarrollar con su frecuencia, y recursos humanos, materiales y herramientas requeridos (Duffuaa et al., 2012).

#### **7.4.3.1.6. Especificación del trabajo**

Documentación detallada de los procedimientos a seguir para cumplir con las actividades propuestas en el plan de mantenimiento preventivo (Estrada, 2020).

#### **7.4.3.1.7. Programa de mantenimiento**

El programa de mantenimiento consiste en un documento en el que se listan las tareas de mantenimiento siguiendo una frecuencia establecida (Duffuaa et al., 2012).

#### **7.4.3.1.8. Control del programa**

El control del programa hace referencia al seguimiento de las actividades, es decir, que esta se realice de acuerdo a lo planificado, esto es necesario ya que al contar con una desviación se deben tomar acciones de control (Duffuaa et al., 2012).





## 8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ÍNDICE DE TABLAS

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

### 1. MARCO TEÓRICO

1.1. Industria cerámica

1.2. Descripción del proceso de fabricación de baldosas cerámicas y maquinaria empleada

1.2.1. Molienda

1.2.1.1. Molienda continua en húmedo

1.2.1.2. Molino continuo

1.2.2. Secado por pulverización de las barbotinas cerámicas

1.2.2.1. Clasificación de atomizadores

1.2.2.2. Atomizador con toberas

1.2.3. Prensado

1.2.3.1. Prensa hidráulica

1.2.4. Secado

1.2.4.1. Secaderos horizontales

- 1.2.5. Molienda de esmaltes
  - 1.2.5.1. Molino Alsing
- 1.2.6. Líneas de esmalte
- 1.2.7. Cocción
  - 1.2.7.1. Hornos de cocción de la cerámica
- 1.2.8. Líneas de clasificación, empaquetado y patelización
  - 1.2.8.1. Líneas de enlace
  - 1.2.8.2. Estación de clasificación visual
  - 1.2.8.3. Tramo de controles
  - 1.2.8.4. Zona de repartición y apilado
  - 1.2.8.5. Empaquetado
  - 1.2.8.6. Zona de impresión y etiquetado
  - 1.2.8.7. Zona de paletización
  
- 1.3. Mantenimiento industrial
  - 1.3.1. Conservación Industrial
  - 1.3.2. Historia y evolución del mantenimiento
    - 1.3.2.1. Generaciones del mantenimiento
  - 1.3.3. Tipos de mantenimiento
    - 1.3.3.1. Mantenimiento según especialidad
    - 1.3.3.2. Mantenimiento según el alcance de las tareas
    - 1.3.3.3. Mantenimiento según la relación con la falla
  
- 1.4. Mantenimiento preventivo
  - 1.4.1. Generalidades
  - 1.4.2. Tecnologías de diagnóstico
  - 1.4.3. Plan de mantenimiento

2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

ANEXOS



## **9. METODOLOGÍA**

### **9.1. Diseño de investigación**

El estudio a realizar es de tipo no experimental porque se limita a determinar el estado en el que se encuentran los equipos de la planta de producción a la fecha de investigación, es decir, los equipos no serán alterados como producto del desarrollo del estudio. Además, se elaborará un plan de mantenimiento preventivo que describa las actividades a realizar en los distintos equipos estudiados.

### **9.2. Tipo de estudio**

El tipo de estudio a realizar es mixto porque se cuenta con indicadores que depende de variables medibles, como lo es el tiempo. Además, este estudio cuenta con variables cualitativas dentro de las que se tiene, determinar si un equipo es, o no es funcional.

### **9.3. Alcance de investigación**

El alcance de la investigación a realizar es descriptivo porque se limita a describir la condición de los equipos de la planta de producción a la fecha de investigación, y a la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo que contenga la descripción de los equipos a estudiar, las actividades o procedimientos de mantenimiento que apliquen a cada uno de ellos, la frecuencia, las herramientas y repuestos necesarios.

#### 9.4. Variables e indicadores

Las variables y los indicadores de estudio se muestran en la tabla siguiente:

Tabla I. **Variables e indicadores**

<b>Variables</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Tipo</b>
Tiempos de mantenimientos no programados con incidencia en producción	Paros de producción no programados	Cuantitativo
Estado de equipos periféricos	Condición de molino continuo	Cualitativo
Estado de bomba de defloculante		Cuantitativo
Estado de bomba de agua		Cuantitativo
Desgaste de diafragmas de molino		Mixto
Desgaste de estructura del molino continuo		Mixto
Estado de unidad de potencia hidráulica		Mixto
Desgaste de fajas		Cualitativo
Estado de equipos periféricos	Condición del atomizador	Cualitativo
Estado de bombas de barbotina		Cuantitativo
Estado de filtros		Cualitativo
Estado de anillo portatoberas		Cualitativo
Accionamiento de válvula de descarga de polvo		Cualitativo
Estado de quemadores		Cualitativo
Estado de ventilador centrifugo		Cuantitativo
Estado de unidad depuradora en húmedo		Cualitativo
Estado de chimenea		Cualitativo
Estado de equipos periféricos		Condición de prensas
Estado de sistema de carga	Cualitativo	
Estado de sistema móvil	Cualitativo	
Estado del sistema fijo	Cualitativo	
Estado del sistema de potencia hidráulica	Mixto	

Continuación de la **Tabla 1.**

Estado de equipos periféricos		Cualitativo
Desgaste de rodillos		Cualitativo
Estado de sistema de tracción de rodillos	Condición de secadero horizontal	Cualitativo
Estado de quemadores		Cualitativo
Eficiencia de secadero horizontal		Cuantitativo
Estado de equipos periféricos		Cualitativo
Desgaste de estructura de molinos	Condición de molinos de esmaltes	Cuantitativo
Estado de fajas de molinos		Cualitativo
Estado de equipos periféricos		Cualitativo
Estado de equipos de engobe		Cualitativo
Estado de equipos de esmalte	Condición de línea de esmaltes	Cualitativo
Estado de equipos serigráficos		Cualitativo
Estado de aplicadores de granilla		Cualitativo
Estado de equipos periféricos		Cualitativo
Estado de sistema de tracción		Cualitativo
Estado de ventiladores	Condición de horno	Mixto
Estado de refractario		Mixto
Estado de sistema de gas		Mixto
Estado de equipos periféricos		Cualitativo
Estado de clasificador		Cualitativo
Estado de rompedor		Cuantitativo
Estado de calibrador	Condición de equipos de clasificación y empaque	Cuantitativo
Estado de apilador		Mixto
Estado de empaquetador		Mixto
Estado de flejadora		Mixto
Estado de paletizadora		Mixto
Estado de sistema neumático		Mixto

Fuente: Elaboración propia.

## **9.5. Fases de investigación**

Fase 1: Revisión documental. Previa a realizar el trabajo, se realizará una investigación documental sobre los conceptos, teorías e investigaciones que se han realizado previamente y se relaciona con la investigación propuesta. En ella se ampliará el concepto mantenimiento preventivo y tecnologías de diagnóstico aplicado a equipos de una planta de producción de una empresa que elabora productos cerámicos.

Fase 2: Recopilación de información. En esta fase se realizará una visita de campo a los equipos de la planta de producción para obtener la información base necesaria para elaborar la investigación. Con relación a la información obtenida, se generarán las tendencias que diagnostiquen la situación a la fecha de investigación de los equipos de la planta de producción. La recopilación de información se realizará mediante las tablas indicadas en el apéndice.

Fase 3: Trabajo de gabinete. Tras la medición de las distintas variables en el molino continuo, atomizador, prensas, secaderos, molinos de esmalte, líneas de esmaltado, hornos y equipos de clasificación y empaque se obtiene un escenario de la situación actual de los mismos. Estas variables serán comparadas con las indicadas en los manuales de operación y mantenimiento de los equipos o las determinadas ideales. Además, se establecerán los parámetros a considerar como claves para procedimientos de mantenimiento.

Fase 4: Presentación y discusión de resultados. En esta fase se realizará un resumen de la información recopilada. Además, se presentarán las estrategias adoptadas para conservar los equipos de la planta de producción en condiciones adecuadas de operación, mediante la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos de la planta 2 de una empresa cerámica en la cual



se establecen los detalles de actividades de mantenimiento y la frecuencia de ejecución de las mismas.

## **9.6. Muestreo**

En el presente estudio se utilizará el total de la población que consiste en: un molino continuo, un atomizador, tres prensas hidráulicas, tres secaderos horizontales de 5 pisos, seis molinos Alsing, tres líneas de esmaltado, dos hornos, dos calibradores, dos empaquetadoras, dos apiladoras y dos paletizadoras.

## **9.7. Resultados esperados**

Los resultados esperados tras la investigación son: la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo que establezca los procedimientos a seguir para medir y mejorar los indicadores de disponibilidad, y fiabilidad de los equipos de una planta de producción de una empresa cerámica.



## 10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Para la realización del plan de mantenimiento preventivo de una planta de producción de una empresa cerámica se hará uso de las siguientes técnicas de análisis de la información: entrevistas de forma presencial a personal técnico y jefaturas en producción y mantenimiento, entrevistas telefónicas a técnicos especialistas de los equipos de la planta, resumen de datos históricos, revisión de manuales de operación y mantenimiento, también será necesaria la aplicación de tecnologías de diagnóstico para determinar el estado de los equipos de la planta de producción, dentro de estas tecnologías de diagnóstico a aplicar se encuentra la inspección visual, líquidos penetrantes, análisis de aceites y termografía; esto en función de los requerimientos de cada equipo.

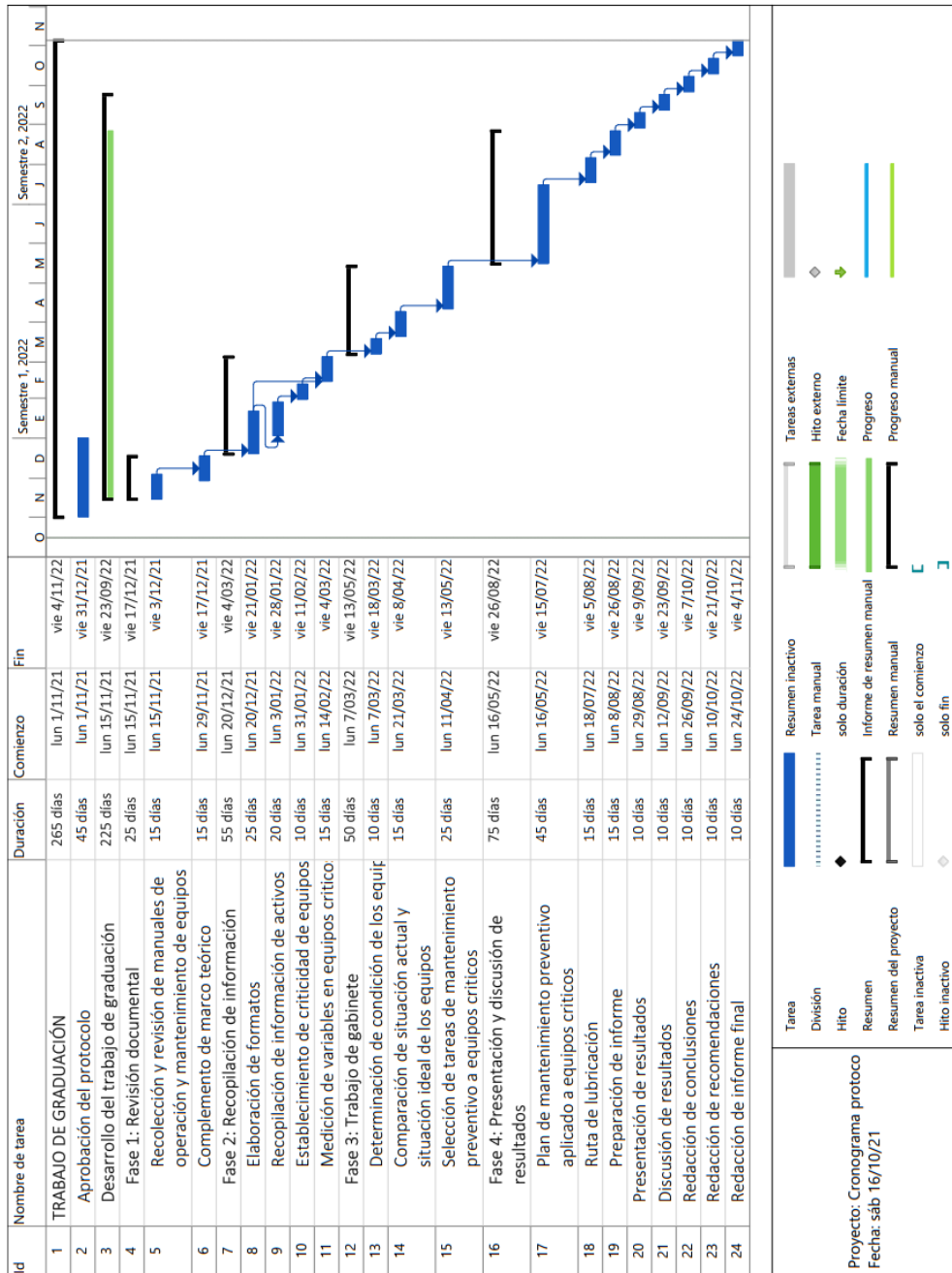
Se elaborarán formatos para enlistar los equipos de la planta de producción y definir el estado en el cual se encuentran a la fecha de investigación con respecto al estado ideal de los mismo, también se crearán formatos para establecer la frecuencia de aplicación de las distintas actividades de mantenimiento a cada uno de los equipos enlistados. Los formatos a realizar serán posibles gracias al análisis de información contenida en los manuales de operación y mantenimiento, a los conocimientos teóricos y empíricos de jefaturas y técnicos de mantenimiento, y a la información obtenida de las distintas tecnologías de diagnóstico empleadas por cada equipo.

Como parte de la solución a la problemática se utilizarán herramientas estadísticas como lo es el diagrama causa-efecto, para determinar los problemas asociados al mantenimiento y la baja disponibilidad y fiabilidad de los equipos; se analizarán las desviaciones de los valores ideales de las variables analizadas en

los equipos, en comparación a los valores obtenidos a través de las tecnologías de diagnóstico. Además, al enlistar las distintas actividades de mantenimiento y tabular las frecuencias de las mismas se realizarán diagramas de Gantt para los distintos equipos de la planta de producción, esto con el fin de obtener una programación o proyección en el tiempo de las distintas actividades a realizar.

# 11. CRONOGRAMA

Figura 14: Cronograma



Fuente: elaboración propia



## **12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO Y RECURSOS NECESARIOS**

Para la elaboración del estudio de investigación resulta necesario contar con autorización por parte de la empresa cerámica, acceso a las instalaciones y a la información de los equipos, recurso económico, recurso humano y recurso material, físico y tecnológico. Producto de la elaboración del estudio, se contará con un plan de mantenimiento preventivo para los equipos de una planta de producción, beneficiando directamente a la empresa, por lo que está proporcionará el apoyo necesario para la realización del mismo.

El desarrollo del estudio implica costos los cuales deben ser sufragados, estos se dividirán y detallarán a continuación, contemplando en primera instancia el recurso humano a pagar por parte del investigador, siendo este únicamente los honorarios del profesional que cumplirá la función de asesorar el trabajo de investigación, y dentro de otros recursos a considerar, la empresa cubrirá los siguientes:

Recurso humano: se necesita contar con el apoyo de personal técnico de mantenimiento, personal operativo, jefaturas del departamento de mantenimiento y producción; teniendo en consideración que estas personas cuentan con gran experiencia y conocimiento sobre los equipos a estudiar, esto con la finalidad de que la información proporcionada por los mismos sea puntual y confiable.

Dentro de los recursos que la empresa aportará se encuentran los recursos materiales, físicos y tecnológicos; mismos que se detallan en la tabla II correspondiente al presupuesto de investigación. Para la realización de la

investigación la empresa deberá contar con los manuales de operación y mantenimiento de los equipos.

Para la recolección y manejo de información, presentación de resultados y elaboración de un informe final es necesario contar con equipo de cómputo, dispositivo móvil y un software para la gestión del mantenimiento. La empresa correrá con todos los gastos mencionados anteriormente, incluyendo el pago de la persona encargada de la recolección de la información.

Tabla II: **Presupuesto de la investigación**

<b>Recurso material, físico y tecnológico</b>				
<b>No.</b>	<b>Descripción</b>		<b>Unidad</b>	<b>Costo (Q)</b>
1	Equipo de computo		Global	5000
2	Dispositivo móvil		Global	3000
3	Software para la gestión del		Año	17000
<b>Subtotal</b>				<b>25000</b>
<b>Recurso humano</b>				
<b>No.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Horas</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo (Q)</b>
1	Mecánico	25	Q 25.00	625
2	Eléctrico	25	Q 25.00	625
3	Operador	20	Q 27.00	540
4	Investigador	100	Q 60.00	6000
5	Jefatura de mantenimiento	10	Q 125.00	1250
6	Asesor	20	Q 125.00	2500
<b>Subtotal</b>				<b>11540</b>
<b>Resumen</b>				
1	Recurso material, físico y tecnológico			Q 25,000.00
2	Recurso humano			Q 11,540.00
<b>Total</b>				<b>Q 36,540.00</b>

Fuente: Elaboración propia



### 13. REFERENCIAS

1. Cruz, A. (2011). *Implementación del mantenimiento predictivo en la empresa AGR-RACKEND* (Tesis de licenciatura, Universidad Tecnológica de Tula-Tepejil). <https://www.utt.edu.mx/CatalogoUniversitario/imagenes/galeria/63A.pdf>
2. Duffuaa, S.; Raouf, A. y Dixon, J. (2012). *Sistemas de mantenimiento*. México D.F., México: Limusa
3. Enríquez, W., (2016). *Manual para la implementación de un modelo de gestión del mantenimiento para los equipos principales de generación de energía eléctrica de la Central Paute Molino de CELEC EP HIDROPAUTE* (Tesis de maestría, Universidad del Azuay). Repositorio institucional Universidad del Azuay. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/6372>
4. Escuela de Organización Industrial. (2012). *La industria cerámica en ecoinnovación en procesos industriales*. Madrid, España. Recuperado de [https://www.eoi.es/wiki/index.php/La\\_Industria\\_Cerámica\\_en\\_Ecoinnovación\\_en\\_procesos\\_industriales](https://www.eoi.es/wiki/index.php/La_Industria_Cerámica_en_Ecoinnovación_en_procesos_industriales)
5. Estrada, J. (2020). *Diseño de un plan de mantenimiento predictivo aplicado a los compresores de aire para la fábrica de pisos, azulejos y fachaletas cerámicas de Samboro, S.A. basado en la norma ISO*

17359 (Tesis de maestría, Universidad de San Carlos de Guatemala).  
Repositorio del Sistema Bibliotecario Universidad de San Carlos de  
Guatemala. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/id/eprint/15000>

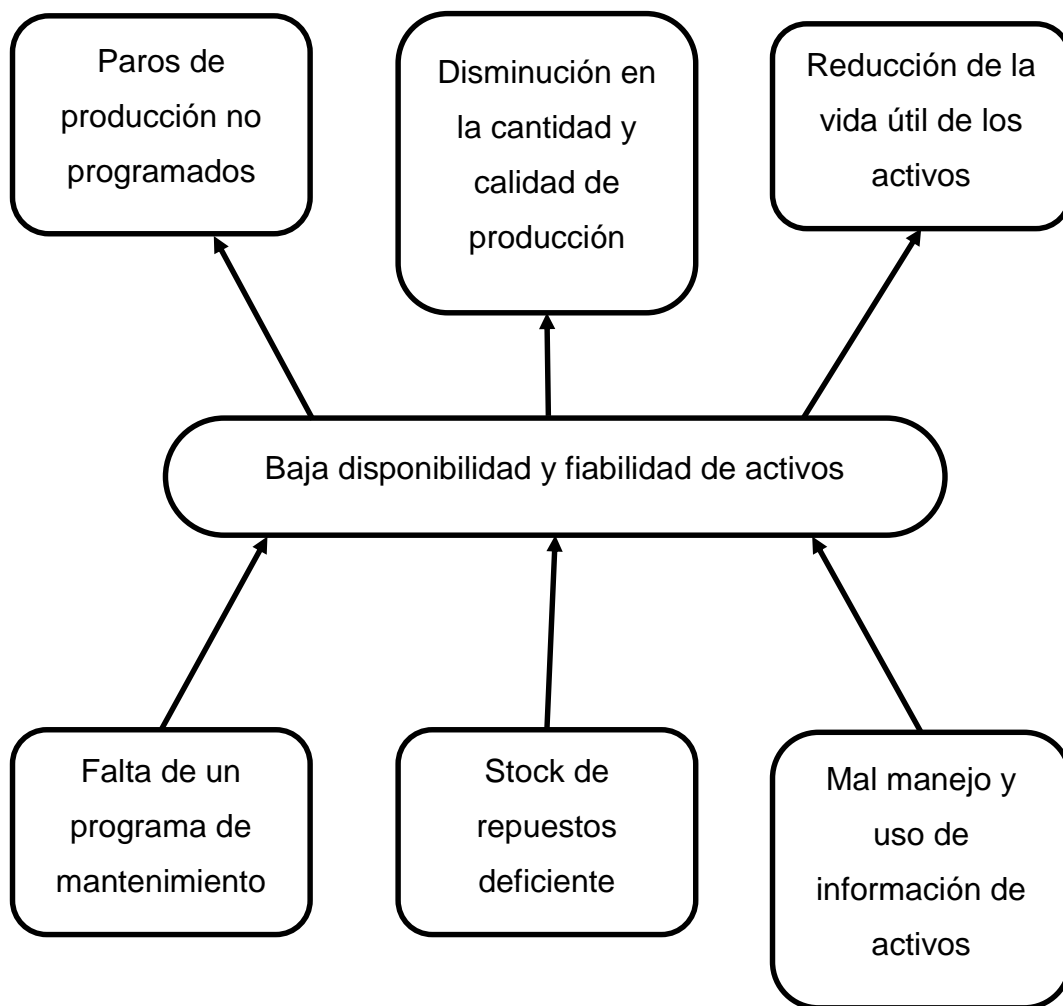
6. García, S. (2009). MANTENIMIENTO PREDICTIVO. Técnicas de Mantenimiento Condicional basadas en la medición de variables físicas. Madrid: Editorial RENOVETEC.
7. García, S. (2010). Organización y gestión integral de mantenimiento. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos, S.A
8. Gonzáles, F. (2005). Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado. Madrid, España: Editorial FUNDACIÓN CONFEMETAL.
9. Gonzáles, J., Loyo, J., López, M., Pérez, P., & Cruz, A. (2018). Mantenimiento industrial en máquinas herramientas por medio de AMFE. *Revista Ingeniería Industrial*, 3(17), 209-225. <https://doi.org/10.22320/S07179103/2018.12>
10. Herrera-Galán, M., & Duany-Alfonzo, Y. (2016). Metodología e implementación de un programa de gestión de mantenimiento. *Ingeniería Industrial versión online ISSN 1815-5936*, 1(37), 2-13. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=360443665001>
11. Huamán, R. (2013). *Propuesta de un plan de mantenimiento para una fábrica de baldosas cerámicas* (Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Ingeniería). Repositorio UNI-Tesis. <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/13016>

12. Olarte, W., Botero, M., & Cañon, B. (2010). Importancia del mantenimiento industrial dentro de los procesos de producción. *Scientia Et Technica*, 1(44), 354-356. <https://doi.org/10.22517/23447214.1867>
13. Rashuamán, R. (2019). *Modelo de gestión de mantenimiento para el incremento de disponibilidad de las máquinas en una planta de fabricación de bombas centrífugas* (Tesis de maestría, Universidad Nacional del Callao). Repositorio institucional UNAC. <http://hdl.handle.net/20.500.12952/4405>
14. Rey, F. (2014). Elaboración y optimización de un plan de mantenimiento preventivo. *Técnica industrial*, A. XVI vol. (308), 30-41
15. Rivera, E. (2011). *Sistema de gestión del mantenimiento industrial* (Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Mayor de San Marcos). Repositorio de Tesis Digitales CYBERTESIS. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/1661>
16. Rodríguez, L. (2016). *Diseño del sistema de mantenimiento de la línea de producción en una industria cerámica* (Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Valencia). Repositorio institucional UPV. <http://hdl.handle.net/10251/76465>
17. Sanmartín, J. J., & Quezada, M. (2014). *Propuesta de un sistema de gestión para el mantenimiento de la empresa cerámica Andina C.A.* (Tesis de licenciatura, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca). Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/8944>

18. Santiago García. (15 de noviembre de 2013). *CAPITULO 3 – LA ELABORACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO* [Archivo de Video]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=JDtzhJw4Z5k>
19. Società Anonima Cooperativa Meccanici Imola. (2004). *Tecnología cerámica aplicada vol. 2*. Castellón de la Plana, España: Faenza Editrice Ibérica.
20. Villanueva, E. (2014). *La productividad en el Mantenimiento Industrial*. México: GRUPO EDITORIAL PATRIA, S.A. DE C.V.

## 14. APÉNDICES

### Apéndice I. **Árbol de problemas**



Fuente: Elaboración propia.

## Apéndice II. Matriz de coherencia

### PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE UNA EMPRESA CERÁMICA UBICADA EN EL PROGRESO, GUATEMALA

#### Objetivo general

Elaborar un plan de mantenimiento preventivo para la planta de producción número 2 de una empresa cerámica ubicada en Sanarate, El Progreso, Guatemala.

¿Qué plan de mantenimiento se puede elaborar para mejorar la fiabilidad y disponibilidad de los equipos de la planta de producción de una empresa cerámica?

Objetivo específico	Pregunta de investigación	Indicadores
1 Determinar las condiciones de operación de los equipos de la planta de producción a la fecha de investigación.	¿Cuáles son las condiciones de operación de los equipos de la planta de producción a la fecha de investigación?	Tiempo de paros de producción no programados a causa de fallas en los equipos de la planta de producción.
2 Establecer las condiciones adecuadas de operación de los equipos de la planta de producción.	¿Cuáles son las condiciones adecuadas de operación de los equipos de la planta de producción?	Condición de molino continuo, atomizador, prensas, secaderos, líneas de esmaltado, molinos Alsing, horno, equipos de clasificación y empaque.
3 Determinar la estrategia para mantener a los equipos de la planta de producción en condiciones adecuadas de operación.	¿Qué estrategia puede diseñarse para mejorar las condiciones de operación de los equipos de la planta de producción?	Rutina de limpieza e inspección, rutina de ajustes y calibraciones, rutina de lubricación, reemplazo programado de piezas intercambiables y pruebas de funcionalidad.

Fuente: Elaboración propia.