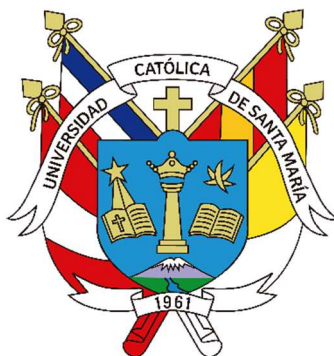


Universidad Católica de Santa María

Escuela de Postgrado

Maestría en Ingeniería de Mantenimiento



“DESARROLLO DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO PARA REDUCIR LAS PARADAS NO PROGRAMADAS EN UN PROCESO DE MANUFACTURA DE LADRILLOS”

Tesis presentada por el Bachiller

Lazo Chávez, Fernando Edgardo

Para optar el Grado Académico de

**Maestro en Ingeniería de
Mantenimiento**

Asesor:

Ing. Ticse Villanueva, Edwing

Arequipa – Perú

2023

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
ESCUELA DE POSTGRADO
DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR DE TESIS

Arequipa, 29 de octubre del 2022

Dictamen: 005705-C-EPG-2022

Visto el borrador del expediente 005705, presentado por:

2016001141 - LAZO CHAVEZ FERNANDO EDGARDO

Titulado:

**DESARROLLO DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO PARA REDUCIR LAS PARADAS NO
PROGRAMADAS EN UN PROCESO DE MANUFACTURA DE LADRILLOS**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

**1151 - LLAZA LOAYZA MARCO ANTONIO
DICTAMINADOR**



**1780 - VALENCIA BECERRA ROLARDI MARIO
DICTAMINADOR**



**1842 - PACHECO OVIEDO ABRAHAM ARTURO
DICTAMINADOR**





Dedico esta tesis a mis padres Percy y Beatriz

por sus enseñanzas y constante apoyo.

A mi esposa Patricia por su paciencia y motivación.



A mis profesores y todos quienes con sus enseñanzas y observaciones
forjaron y aportaron en mi desarrollo profesional y personal.

RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo principal describir la implementación del Mantenimiento Autónomo en un proceso de manufactura de ladrillos.

Así en la primera parte del marco teórico podemos encontrar la descripción de los principales pilares del Mantenimiento Productivo Total (TPM) y como el Mantenimiento Autónomo forma parte de esta filosofía como uno de sus principales pilares, así como también se describe la obtención del indicador Efectividad Global del Equipo (OEE).

Luego, realizamos una descripción del proceso de manufactura del ladrillo de arcilla, donde podemos observar el proceso desde la extracción de la arcilla en las canteras, luego el acarreo por equipo pesado móvil hasta la planta industrial. El proceso en planta se inicia con la conminución de la roca a través de molinos de mandíbulas, luego pasa a la etapa de mezclado de la masa de arcilla con agua y otros componentes, para posteriormente pasar a la etapa de formado, donde la extrusora da forma a los ladrillos tal como los conocemos. Finalmente se pasa a la etapa de secado del ladrillo en amplias canchas con exposición solar y por último los ladrillos pasan al horno de curado.

Posteriormente se describirá los pasos que se siguieron para la implementación del mantenimiento autónomo, esto incluye: la selección de la máquina piloto, los procedimientos a ser desarrollados por el operador con sus respectivos formatos, la implementación de los formatos para la recolección de datos y cálculo del indicador OEE, el plan de mejora continua y la capacitación de todo el personal.

El presente trabajo mide inicialmente el OEE en el mes de febrero dando como resultado 54,6%, posteriormente en el mes de abril obtenemos 67,6%. (los valores numéricos son referenciales, debido a políticas de privacidad).

Palabras Claves: Mantenimiento Autónomo, Mantenimiento Productivo Total, Efectividad Global del Equipo, Plan de Mejora Continua.

ABSTRACT

The main objective of this thesis is to describe the implementation of Autonomous Maintenance in a clay brick manufacturing process.

Thus, in the first part of the theoretical framework we can find the description of the main pillars of Total Productive Maintenance (TPM) and how Autonomous Maintenance is part of this philosophy as one of its main pillars, as well as obtaining the Global Effectiveness indicator of the Equipment (OEE).

Then, we make a description of the clay brick manufacturing process, where we can observe the process from the extraction of the clay in the quarries, then the transport by heavy mobile equipment to the industrial plant. The plant process begins with the comminution of the rock through jaw mills, and then goes to the stage of mixing the clay mass with water and other components, to later go to the forming stage, where the extruder gives shape bricks, as we know them. Finally, it goes to the brick drying stage in large fields with sun exposure and finally the bricks go to the curing oven.

Subsequently, the steps that were followed for the implementation of autonomous maintenance will be described, this includes: the selection of the pilot machine, the procedures to be developed by the operator with their respective formats, the continuous improvement plan and the training of all personnel. .

The present work initially measures the OEE in the month of February, resulting in 54.6%, later in the month of April we obtain 67.6%. (The numerical values are referential, due to privacy policies).

Keywords: Autonomous Maintenance, Total Productive Maintenance, Global Effectiveness Indicator of the Equipment, Continuous Improvement Plan.

INDICE

RESUMEN	i
ABSTRACT	ii
INDICE.....	iii
INDICE DE TABLAS.....	vi
INDICE DE FIGURAS	vii
INDICE DE ANEXOS	viii
INTRODUCCIÓN.....	1
1 PLANTEAMIENTO OPERACIONAL	2
1.1 IDENTIFICACIÓN (PROBLEMA, OPORTUNIDAD)	2
1.2 DESCRIPCIÓN DE PROBLEMA.....	2
1.3 OBJETIVOS DEL ESTUDIO.....	2
1.3.1 Objetivo general:.....	2
1.3.2 Objetivos específicos	2
1.4 OBJETIVO DEL PROYECTO.....	3
1.4.1 Objetivo general.....	3
1.5 TIPO DE INVESTIGACIÓN	3
1.6 JUSTIFICACIÓN.....	3
1.6.1 Aspecto general.....	3
1.6.2 Aspecto Tecnológico:	3
1.6.3 Aspecto social	3
1.6.4 Aspecto económico.....	4
1.7 HIPOTESIS.....	4
1.8 VARIABLE.....	4
1.8.1 Variable Independiente	4
1.8.2 Variable Dependiente	4
1.9 CUADRO DE VARIABLES	5
1.10 MÉTODO.....	7
2 MARCO TEÓRICO	8
2.1 CONCEPTOS PRELIMINARES	8
2.2 ESTRATÉGIAS DEL MANTENIMIENTO	9
2.2.1 Mantenimiento Correctivo.....	9
2.2.2 Mantenimiento Preventivo.....	10

2.2.3	Mantenimiento Predictivo.....	11
2.2.4	Mantenimiento Autónomo.....	11
2.2.5	Reparación General (Overhaul).....	12
2.2.6	Modificación del diseño.....	12
2.2.7	Reemplazo	12
2.3	MANUFACTURA ESBELTA	13
2.4	TPM.....	15
2.4.1	Introducción	15
2.4.2	Procesos fundamentales TPM (Pilares)	17
2.4.3	Relación entre pilares.....	21
2.5	MANTENIMIENTO AUTÓNOMO.....	21
2.5.1	Mantenimiento autónomo en siete pasos	24
2.5.2	Cinco medidas para cero paros (tiempos perdidos)	27
2.5.3	Auditoria del mantenimiento autónomo.	29
2.6	EFFECTIVIDAD GLOBAL DEL EQUIPO (OEE)	30
2.6.1	Enfoque en las pérdidas	33
2.6.2	Ajuste de los objetivos.....	34
2.6.3	Automatizar el proceso de obtención del OEE.....	34
3	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE LADRILLOS	37
3.1	EXTRACCIÓN DE MATERIA PRIMA.....	38
3.2	CONMINUCIÓN DE LA MATERIA PRIMA	39
3.3	AMASADO.....	39
3.4	FORMADO.....	41
3.5	SECADO.....	41
3.6	COCCIÓN.....	42
3.7	ALMACENAMIENTO.....	43
4	DESARROLLO DE TESIS.....	44
4.1	PLAN DE TRABAJO	44
4.2	ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS Y AUDITORÍA EN.....	45
	LA MÁQUINA ELEGIDA COMO PILOTO.....	45
4.3	EVALUACIÓN EN LA MÁQUINA ELEGIDA COMO PILOTO	49
4.4	ELABORACIÓN DE FORMATOS	53
4.4.1	Limpieza e inspección	53

4.4.2	Cartilla de lubricación.....	53
4.4.3	Mapa de seguridad	53
4.5	ELABORACIÓN DE ESTÁNDAR DE TRABAJO	59
4.5.1	Seguridad y medio ambiente.....	59
4.6	ELABORACIÓN DE PROCEDIMIENTO PARA ANÁLISIS DE	60
	CAUSA RAÍZ “ACR”	60
4.6.1	Análisis de los 5 porqués	60
4.6.2	Procedimiento para implementar proyectos de mejora.....	60
4.7	ELABORACIÓN DE FORMATO DE REGISTRO DE	62
	PRODUCCIÓN, CALIDAD Y MANTENIMIENTO	62
4.8	ELABORACIÓN DE INDICADOR EFECTIVIDAD GLOBAL DEL	64
	EQUIPO “OEE”	64
4.9	PRUEBA DE VALIDACIÓN.....	67
4.10	CAPACITACIÓN	69
4.11	TENDENCIA ACTUAL EN MANTENIMIENTO AUTÓNOMO	70
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	73
	RECOMENDACIONES	74
	GLOSARIO.....	75
	REFERENCIAS	76
	ANEXOS.....	77

INDICE DE TABLAS

TABLA 1.	Cuadro de Variables Independientes	5
TABLA 2.	Cuadro de Variable Dependiente.....	6
TABLA 3.	Seis grandes pérdidas	18
TABLA 4.	Objetivos del OEE	34
TABLA 5.	Objetivos y criterios a evaluar para determinar la criticidad de las máquinas a evaluar	45
TABLA 6.	Ponderación criterio: Afecta la calidad del producto	45
TABLA 7.	Ponderación criterio: Tiempo promedio para reparar	46
TABLA 8.	Ponderación criterio: Frecuencia de falla.....	46
TABLA 9.	Ponderación criterio: Costos de producción y mantenimiento.....	46
TABLA 10.	Ponderación criterio: Nivel de riesgo que puede ocurrir	47
TABLA 11.	Ponderación criterio: Nivel de contaminación al medio ambiente	47
TABLA 12.	Evaluación de la criticidad en las máquinas de la línea de fabricación de ladrillos	48
TABLA 13.	Preguntas sobre los procesos de gestión	50
TABLA 14.	Preguntas sobre los indicadores	51
TABLA 15.	Preguntas sobre nivel de conocimientos y habilidades del operador.....	51
TABLA 16.	Cumplimiento de los programas de calibración, inspección, limpieza y lubricación, en porcentaje (%).....	67
TABLA 17.	Datos del OEE (febrero-18 a abril-2018).....	68
TABLA 18.	Indicador OEE de febrero a marzo del 2018	69

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.	Mantenimiento correctivo.....	10
FIGURA 2.	El TPM como herramienta del Lean Manufacturing	14
FIGURA 3.	Áreas de medición del OEE.....	31
FIGURA 4.	Cálculo del OEE	32
FIGURA 5.	Explicación de las 6 grandes pérdidas	34
FIGURA 6.	Flujograma de fabricación de ladrillos	37
FIGURA 7.	Pala Hidráulica.....	38
FIGURA 8.	Cargador frontal	38
FIGURA 9.	Cargío de volquete	38
FIGURA 10.	Chancadora de martillos	39
FIGURA 11.	Amasadora	40
FIGURA 12.	Amasadora (isométrico).....	40
FIGURA 13.	Extrusora.....	41
FIGURA 14.	Secador de ladrillos.....	42
FIGURA 15.	Horno de cocción	42
FIGURA 16.	Almacenamiento de ladrillos	43
FIGURA 17.	Plan de Trabajo	44
FIGURA 18.	Formato de limpieza e inspección	54
FIGURA 19.	Formato de lubricación – hoja 1	55
FIGURA 20.	Formato de lubricación – hoja 2	56
FIGURA 21.	Formato de seguridad – hoja 1.....	57
FIGURA 22.	Formato de seguridad – hoja 2.....	58
FIGURA 23.	Procedimiento para implementar proyectos de mejora en un proceso de manufactura	61
FIGURA 24.	Cabecera para el registro inicial de datos de un turno de producción	62
FIGURA 25.	Registro para el control de Desempeño	63
FIGURA 26.	Registro para el control de Calidad.....	63
FIGURA 27.	Registro para el control de Mantenimiento.....	64
FIGURA 28.	Calculo de la disponibilidad.....	65
FIGURA 29.	cálculo del desempeño	65
FIGURA 30.	cálculo de la calidad.....	66
FIGURA 31.	Cumplimiento de programas calibración, inspección, limpieza y lubricación, entre feb. a abr. del 2018	67

FIGURA 32.	Indicador OEE de febrero a abril del 2018	69
FIGURA 33.	Aplicativo APM.....	72

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1	Procedimiento Estándar de Trabajo Seguro	78
ANEXO 2	Plan de capacitación	87



INTRODUCCIÓN

En la actualidad las empresas de manufactura dan mucha importancia a mejorar la productividad del proceso productivo, debido a que esto afecta directamente al costo del producto y por consiguiente a las utilidades de la organización.

Un factor clave que permite aumentar la productividad es procurar que las maquinas involucradas en los procesos de manufactura no se detengan de manera imprevista, por paradas no programadas, lo cual debe ser gestionado por el área de mantenimiento. En la actualidad se cuenta con varias herramientas de gestión del mantenimiento que permiten evitar o reducir las paradas no programadas, así como reducir las pérdidas en toda la cadena productiva, una de ellas es el Mantenimiento Productivo Total (TPM). En la presente tesis se abordará uno de los pilares del TPM, llamado Mantenimiento Autónomo, dicha estrategia de mantenimiento involucra al operador del equipo/máquina en la manutención directa de su máquina.

Otro factor que buscan las empresas de manufactura es mejorar la calidad de los productos que se están elaborando, es entonces donde la estrategia del Mantenimiento Autónomo permitirá un seguimiento constante del equipo/máquina a través de inspecciones y ajustes que lograrán una mayor calidad en los productos elaborados.

Finalmente abordaremos también la seguridad del trabajador en sus actividades de mantenimiento con las máquinas.

Demostraremos entonces que el Mantenimiento Autónomo como estrategia de mantenimiento permitirá mejorar la productividad de los equipos en una planta de manufactura de ladrillos.

CAPITULO 1

1 PLANTEAMIENTO OPERACIONAL

1.1 IDENTIFICACIÓN (PROBLEMA, OPORTUNIDAD)

Al iniciar operaciones en una planta de manufactura automatizada de ladrillos se presentó la problemática de tener paradas no programadas con frecuencia. Una oportunidad de mejora es la implementación del Mantenimiento Autónomo junto a un indicador de productividad llamado OEE (Overall Equipment Effectiveness o Efectividad total de los Equipos).

1.2 DESCRIPCIÓN DE PROBLEMA

La nueva planta de formado de ladrillos empieza a producir en enero del 2019, con maquinaria que posee tecnología de última generación, es decir un control electrónico con procesos automáticos. Los operadores con su experiencia y capacitación previa logran operar los equipos con cierta normalidad ya que se producen paradas no programadas con frecuencia que en la mayoría de los casos requiere la intervención de un técnico de mantenimiento sea eléctrico o mecánico, si a esto le añadimos la alta demanda de paradas no programadas en toda la planta, el tiempo de reparación se alarga. Esto quiere decir que el gran problema es tener la línea de manufactura detenida de una manera no programada, también podemos decir que en el proceso no se encuentra una forma directa de medir la eficiencia del proceso productivo. Con esta tesis queremos saber si sería posible minimizar las paradas no programadas (fallas de equipos) desarrollando el Mantenimiento Autónomo y de esta forma aumentar la eficiencia de toda la línea de manufactura.

1.3 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1.3.1 *Objetivo general:*

Describir la implementación del Mantenimiento Autónomo en un proceso de manufactura de ladrillos.

1.3.2 *Objetivos específicos*

- Desarrollar los formatos y procedimientos para el mantenimiento autónomo.
- Implementar la estructura para poder medir la Efectividad Global del Equipo (OEE).

- Implementar el plan de capacitación sobre el Mantenimiento Autónomo a los operadores, personal técnico y supervisores.

1.4 OBJETIVO DEL PROYECTO

1.4.1 *Objetivo general*

Realizar los procedimientos y formatos del mantenimiento autónomo, así como la plataforma para obtener el indicador OEE (Overall Equipment Effectiveness o Efectividad total de los Equipos).

1.5 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación es descriptiva debido a que en el desarrollo de la tesis se va a detallar los pasos de la implementación del mantenimiento autónomo.

1.6 JUSTIFICACIÓN

1.6.1 *Aspecto general*

La presente tesis trata de demostrar que la estrategia del mantenimiento autónomo sirve para aumentar la disponibilidad, calidad y desempeño dentro de un proceso de manufactura.

1.6.2 *Aspecto Tecnológico:*

En procesos de manufactura con equipos de última generación se necesita estrategias de mantenimiento que considere la gran velocidad del proceso y sus ajustes necesarios, los cuales deben ser realizados por los operadores.

1.6.3 *Aspecto social*

Lograr un proceso de manufactura altamente productivo, permitirá cumplir con su demanda externa oportunamente y así asegurar el margen de utilidad necesario para cumplir las responsabilidades salariales con todos sus colaboradores.

1.6.4 Aspecto económico

En la fabricación a gran escala cualquier tipo de parada, producto defectuoso o velocidad reducida de producción, afectará el costo del producto. Por tanto, implementar el mantenimiento autónomo permite reducir los costos de fabricación y mantenimiento, de esta manera se produce un incremento en las utilidades.

1.7 HIPOTESIS

Es posible que implementado el Mantenimiento Autónomo en la línea de extrusión del ladrillo se incrementa la efectividad global del equipo (OEE).

1.8 VARIABLE

1.8.1 Variable Independiente

- Implementación del Mantenimiento Autónomo.

Dimensiones

- Calibrar el equipo
- Inspección del equipo
- Limpieza del equipo
- Lubricación del equipo

1.8.2 Variable Dependiente

- Efectividad global del equipo (OEE).

Dimensiones

- Cantidad de productos buenos (indicador de calidad).
- Velocidad de producción (indicador de desempeño).
- Cantidad producida (indicador de disponibilidad).

1.9 CUADRO DE VARIABLES

TABLA 1. CUADRO DE VARIABLES INDEPENDIENTES

Variable Independiente	Dimensiones	Tipo de variable	INDICADORES	HERRAMIENTAS	DESCRIPCION CONCEPTUAL
Mantenimiento Autónomo	Cumplimiento del programa de calibración	%	Porcentaje de cumplimiento	Registro del programa de calibración	Registro donde se especifica la ejecución, responsable y fecha de calibración
	Cumplimiento del programa de Inspección	%	Porcentaje de cumplimiento	Registro del programa de inspección	Registro donde se especifica la ejecución, responsable y fecha de inspección
	Cumplimiento del programa de Limpieza	%	Porcentaje de cumplimiento	Registro del programa de limpieza	Registro donde se especifica la ejecución, responsable y fecha de limpieza
	Cumplimiento del programa de Lubricación	%	Porcentaje de cumplimiento	Registro del programa de lubricación	Registro donde se especifica la ejecución, responsable y fecha de lubricación

Fuente: Elaboración propia

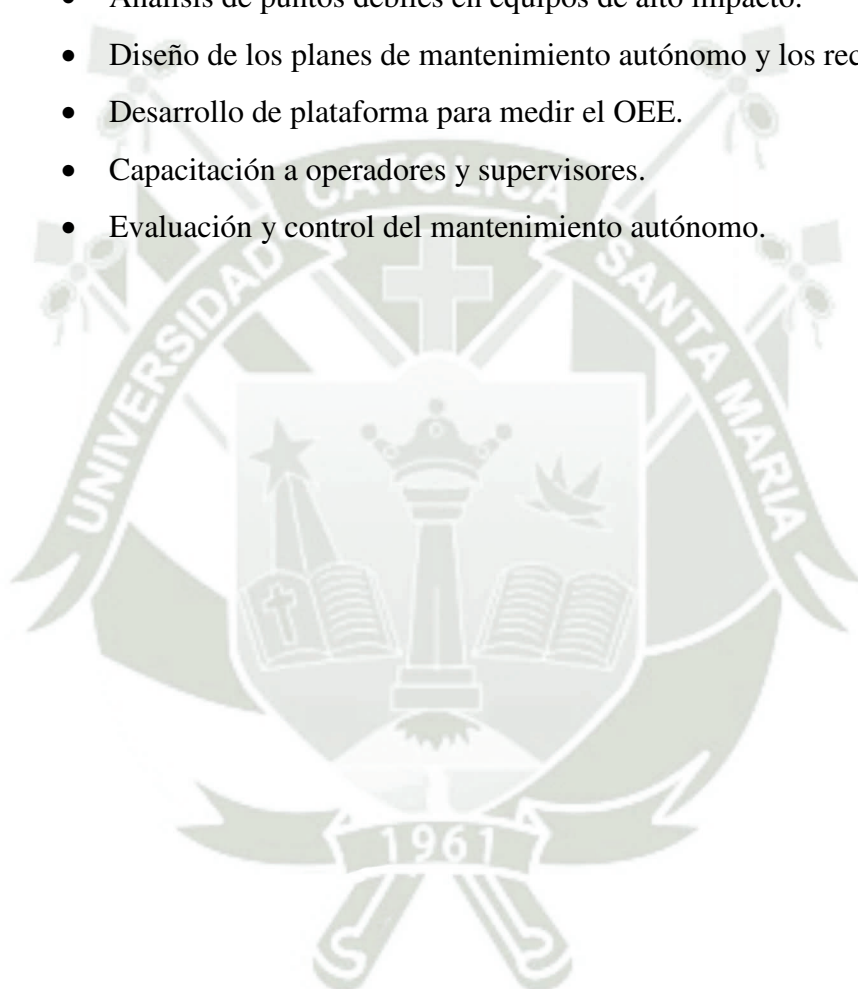
TABLA 2. CUADRO DE VARIABLE DEPENDIENTE

Variable Dependiente	Dimensiones	Tipo de variable	INDICADORES	HERRAMIENTAS	DESCRIPCION CONCEPTUAL	DESCRIPCION OPERATIVA
OEE	Calidad	%C	Porcentaje de productos buenos	Se obtiene de los reportes de producción y calidad	Es la relación entre la producción buena y el total	$\%C \times \%De \times \%Di = \%OEE$
	Desempeño	%De	Porcentaje de velocidad de producción	Según formatos de producción	Es la relación entre el tiempo de ciclo real entre ciclo teórico	
	Disponibilidad	%Di	Porcentaje de tiempo efectivo de funcionamiento	Se obtiene de los registros y contadores automáticos	Es la relación entre el tiempo efectivo y tiempo planeado	

Fuente: Elaboración propia

1.10 MÉTODO

- Definición de objetivos.
- Encuestas al área de operaciones y mantenimiento.
- Definición de responsabilidades del mantenimiento autónomo.
- Jerarquización de los equipos (análisis de criticidad).
- Análisis de puntos débiles en equipos de alto impacto.
- Diseño de los planes de mantenimiento autónomo y los recursos necesarios.
- Desarrollo de plataforma para medir el OEE.
- Capacitación a operadores y supervisores.
- Evaluación y control del mantenimiento autónomo.



CAPITULO 2

2 MARCO TEÓRICO

2.1 CONCEPTOS PRELIMINARES

En una industria la utilidad se ve afectada por la oferta y demanda a corto plazo, pero a largo plazo la estructura de una organización y en especial el tipo de estructura de las operaciones en una industria van a influir directamente en las utilidades de largo plazo.

Según Michael Porter en su libro Ventaja Competitiva, nos sugiere que el objetivo principal en una empresa con fines de lucro es lograr una utilidad superior a lo largo del tiempo y ello depende de la estructura de la organización:

Otro punto de vista sostenido comúnmente sobre la utilidad del sector industrial es que las utilidades son una función entre la oferta y la demanda. Si la demanda es mayor a la oferta, se llega a una alta utilidad.

Sin embargo, aunque las fluctuaciones a corto plazo entre oferta y demanda pueden afectar la utilidad, la estructura del sector industrial sostiene la utilidad a largo plazo. (Porter, 1991, pág. 27).

En la actualidad las industrias se ven afectadas por fluctuaciones en la demanda de sus productos en el mercado. Vemos entonces que es necesario que las industrias sean flexibles. Entonces una estructura del proceso productivo flexible permitirá adaptarse a dichos cambios y esto afectará directamente a la utilidad.

Así, la estructura del sector industrial es fundamental, tanto para la velocidad de ajuste de oferta a demanda y también para la relación entre la utilización de la capacidad y la utilidad. (Porter, 1991, pág. 28).

Una estructura en la industria que está acorde con una producción flexible sería el Lean Manufacturing, dicha herramienta permitirá una respuesta oportuna en cuanto a cantidad, calidad y minimizar el uso de recursos.

Según Luis Socconini en su libro Lean Manufacturing – Paso a Paso, nos explica la importancia y como desarrollar la herramienta de gestión Manufactura Esbelta.

Lean Manufacturing ha identificado una fuerte relación entre la velocidad de respuesta y la rentabilidad del negocio. En otras palabras, se entiende que un proceso que tarda mucho tiempo puede estar ocultando una serie de desperdicios costosos, como esperas o errores en la planificación de la producción, descomposturas en las máquinas, producción en lotes grandes, transportes, etc.; la mayoría invisibles para la gerencia. (Socconini, 2019, pág. 22).

2.2 ESTRATÉGIAS DEL MANTENIMIENTO

Veremos a continuación las principales estrategias de la gestión del mantenimiento según Duffuaa (Sistemas de Mantenimiento, 2000).

2.2.1 *Mantenimiento Correctivo*

Esta estrategia es el enfoque más básico, también conocido como: “que funcione hasta que falle”, es decir se espera hasta que el activo falle para luego ser reparado o reemplazado.

Consecuencias negativas de usar esta estrategia:

- Seguridad o cumplimiento ambiental comprometidos.
- Daño colateral, donde la falla incrementa el costo de reparación.
- Pérdida de calidad del producto.
- Pérdida de disponibilidad del proceso.
- Rendimiento reducido.
- Mayor costo de desperdicio y re-trabajo.

Si las fallas de equipo ocasionan alguna de estas consecuencias, no se recomienda usar la estrategia de mantenimiento correctivo.

En una planta ideal se recomienda tener de 10% a 25% con tareas de mantenimiento correctivo.

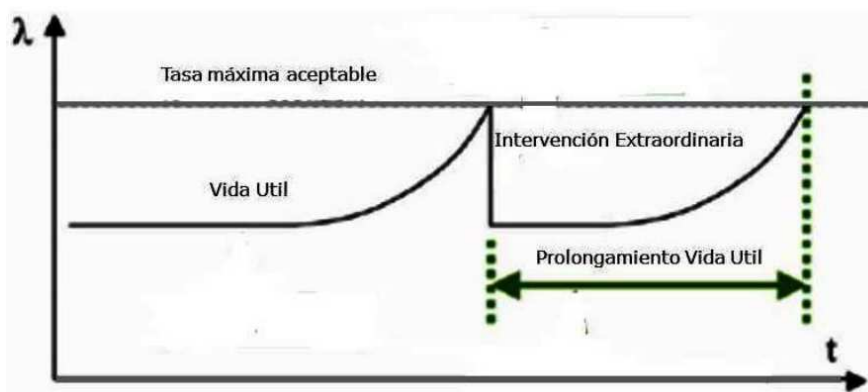


FIGURA 1. *MANTENIMIENTO CORRECTIVO*

Fuente: <https://cecma.com.ar/wp-content/uploads/2019/04/modulo-iv-ingenieria-de-mantenimiento-a.-de-Fallas.pdf>

Comentario: Estrategia de mantenimiento reactiva ó correctiva, es decir, luego de un tiempo de uso del equipo es muy probable que falle y se detenga el equipo para la reparación, luego tener un periodo de operación normal para luego volver a fallar y detener el equipo nuevamente.

2.2.2 *Mantenimiento Preventivo*

Esta estrategia se basa en un desgaste y/o deterioro en algún componente de la máquina según el tiempo de funcionamiento, es decir, a mayor tiempo de funcionamiento del equipo se deduce que habrá mayor desgaste y/o deterioro. Por lo tanto, se puede calcular el tiempo aproximado de funcionamiento en condiciones óptimas de los componentes que se deterioran en función del tiempo.

Actividades usuales que se consideran mantenimiento preventivo:

- Cambio de lubricante de una caja de engranajes.
- Cambio de rodamientos.
- Mantenimiento de un motor eléctrico.

Es importante decir que esta estrategia tiene los siguientes inconvenientes:

- El tiempo de cambio/reparación será fiable siempre y cuando el equipo trabaje en condiciones externas optimas, ya que si por algún motivo aleatorio no sucede esto el componente puede entrar en falla antes del tiempo previsto de cambio/reparación lo que significa un gasto adicional por ser una parada no planificada.

- También en esta estrategia podemos decir que el componente de máquina que es cambiado y/o reparado antes de cumplir su ciclo de vida ocasiona una pérdida monetaria al desechar repuestos que aun sirven.

2.2.3 *Mantenimiento Predictivo*

Esta estrategia se basa en monitorear el estado del equipo en cuanto a parámetros indicadores de un buen funcionamiento como vibración, temperatura y espesores. Es decir que en base a estos parámetros indicadores se puede referir un buen o mal funcionamiento. El principal beneficio de esta estrategia es que al medir constantemente los parámetros indicadores (monitoreo online) se puede estimar cuando realizar el cambio/reparación justo antes que falle el equipo, lo que nos permite aprovechar todo el ciclo de vida del repuesto y también evitar paradas no planificadas.

El inconveniente de esta estrategia es que se requiere una considerable inversión monetaria en equipos de medición y contar con personal especializado debidamente capacitado, por tal motivo esta estrategia se utiliza en la gran industria y solo para los equipos críticos.

2.2.4 *Mantenimiento Autónomo*

Esta estrategia permite la participación directa del operador de una máquina en las actividades del mantenimiento en dicha máquina. Aplicar el mantenimiento autónomo significa que el operador debe estar capacitado para realizar las actividades de mantenimiento, dichas actividades van desde limpieza e inspección hasta la mejora continua de la máquina.

Esta estrategia de mantenimiento es parte de la estructura del TPM (Mantenimiento Productivo Total) lo cual será abordado en el punto 2.2 *TPM*.

2.2.5 *Reparación General (Overhaul)*

Esta estrategia se aplica con el equipo parado por un tiempo considerable, tanto para las actividades de reparación como para la etapa de pruebas del equipo.

Las actividades de reparación implican el desmontaje completo de los componentes de un equipo y cambio de todos los elementos sometidos a desgaste, por este motivo esta estrategia de mantenimiento es de un costo elevado.

El objetivo de esta estrategia es restablecer las condiciones iniciales del equipo.

2.2.6 *Modificación del diseño*

La estrategia modificación de diseño se basa en una cultura de la mejora continua, dicha estrategia tiene como objetivo:

- Mejorar la calidad del producto que se fabrica.
- Cantidad de producto fabricado.
- Seguridad en la operación del equipo.
- Evitar desperdicios al medio ambiente.

Para las mejoras expuestas anteriormente es necesario utilizar metodologías de mejora continua como ciclo PDCA, lo que implica formar equipos en los llamados círculos de la calidad que permitan generar proyectos de mejora.

2.2.7 *Reemplazo*

Esta estrategia permite ahorrar tiempo en la reparación del equipo, ya sea en una parada planificada como no planificada. Esta estrategia consiste en tener un equipo completo o parte de un equipo en espera (standby), para que cuando se requiera, simplemente se cambie dicho equipo o conjunto en vez del equipo deteriorado o que necesite una reparación.

Esta estrategia es muy costosa debido a tener duplicidad de equipos que están detenidos, por lo que solo se aplica en equipos críticos donde el costo de una parada no programada justifica la adquisición de equipos en espera.

2.3 MANUFACTURA ESBELTA

Según Luis Socconini la Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing) es más que una estructura, es una filosofía de trabajo que debe ser asumida por todo el personal de una empresa:

El verdadero poder de Lean Manufacturing radica en descubrir continuamente las oportunidades de mejora que esconde toda empresa, pues siempre existirán desperdicios que podrán ser eliminados. Se trata de crear una forma de vida en la que se reconozca que los desperdicios existen y siempre serán un reto para aquellos que estén dispuestos a encontrarlos y eliminarlos. (Socconini, 2019, pág. 20).

Dentro de la filosofía del Lean Manufacturing se encuentra como herramienta fundamental el TPM, Mantenimiento Productivo Total, que evitará paradas no programadas.

El mantenimiento productivo total o TPM (siglas en inglés de total productive maintenance) tiene sus orígenes en Estados Unidos, donde muchas empresas manufactureras aplicaban ciertas prácticas para prevenir errores y con ello impedir paros inoportunos y reparaciones de emergencia. (Socconini, 2019, pág. 155)

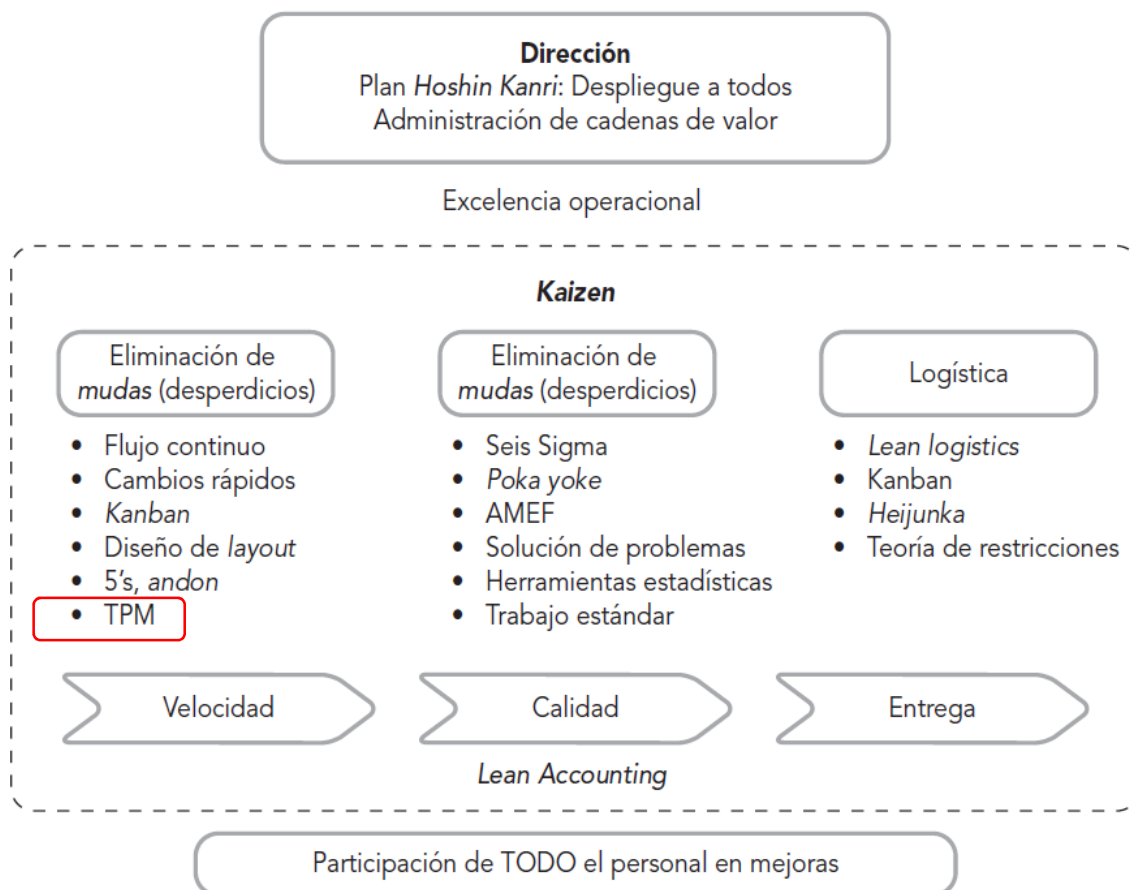


FIGURA 2. *EL TPM COMO HERRAMIENTA DEL LEAN MANUFACTURING*

Fuente: Socconini (2019, pág. 21)

Comentario: Dentro de la filosofía del Lean Manufacturing se encuentra el TPM como herramienta para reducir mudas.

Según Torres (2022) en su Tesis “Análisis y propuesta de mejora del proceso productivo de fabricación de postes de concreto armado, usando herramientas de manufactura esbelta” se investiga el impacto de implementar una gestión de la producción con la filosofía Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing) en la eficiencia de la planta. En dicha implementación, la herramienta TPM sirve para la gestión del mantenimiento y considera entre otros los siguientes objetivos específicos:

- Fomentar la participación de los operadores en las actividades de mantenimiento.
- Aumentar los conocimientos y habilidades de los operadores en las actividades de mantenimiento.

Se puede observar luego de la implementación de la Manufactura Esbelta en el proceso productivo, un incremento en la eficiencia de la planta de 5,5% de lo cual se estima que 2,5% correspondería al TPM (indicadores medidos luego de la implementación).

Esto nos muestra que el TPM y por lo tanto el Mantenimiento Autónomo son herramientas muy útiles en todo proceso de manufactura.

2.4 TPM

2.4.1 *Introducción*

Según Nakajima (1988) expresa que el Mantenimiento Productivo Total es la traducción de TPM (Total Productive Maintenance), el sistema japonés de mantenimiento industrial desarrollado a partir del concepto de "mantenimiento preventivo" creado en la industria de los Estados Unidos.

Debemos asumir el término TPM con los siguientes enfoques: la letra M representa acciones de Management y Mantenimiento. Es un enfoque de realizar actividades de dirección y transformación de empresa. La letra P está vinculada a la palabra "**P**roductivo" o "**P**roductividad" de equipos, pero hemos considerado que se puede asociar a un término con una visión más amplia como "**P**erfeccionamiento". La letra T de la palabra "total" se interpreta como "todas las actividades que realizan todas las personas que trabajan en la empresa".

El TPM es una estrategia compuesta por una serie de actividades ordenadas que una vez implantadas ayudan a mejorar la competitividad de una organización industrial o de servicios. Se considera como estrategia, ya que ayuda a crear capacidades competitivas a través de la eliminación rigurosa y sistemática de las deficiencias de los sistemas operativos. El TPM permite diferenciar una organización en relación a su competencia debido al impacto en la reducción de los costes, mejora de los tiempos de respuesta, fiabilidad de suministros, el conocimiento que poseen las personas y la calidad de los productos y servicios finales. Según Bashar, Hasin y Jahangir (2022) un artículo publicado en la revista Journal of Quality in Maintenance Engineering sobre la relación entre

TPM, la gestión de las personas y el desempeño organizacional en una empresa de prendas de vestir en Bangladesh, nos menciona lo importante de aumentar la productividad dentro de las industrias de manufactura en un mercado altamente competitivo y cambiante.

Entre las estructuras que actualmente se están desarrollando en la industria y con gran éxito es La Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing, LM), lo que nos lleva a gestionar los procesos de tal manera que nos permita incrementar el valor en las actividades de manufactura reduciendo las pérdidas. Los siete tipos básicos de pérdidas en sistemas de manufactura son: sobreproducción, exceso de inventario, movimientos innecesarios, esperas por material o decisiones, innecesario transporte, reprocesos y defectuosos.

El TPM nos menciona el artículo de la revista Journal of Quality in Maintenance Engineering contribuye a reducir las pérdidas, incrementar la calidad, reducir costos de producción e incrementar el indicador Efectividad Global del Equipo (OEE), por lo tanto, el TPM es un factor de éxito en la implementación de La Manufactura Esbelta.

En el artículo de la revista Journal of Quality in Maintenance Engineering también menciona lo importante de la relación entre la implementación del TPM y la gestión del recurso humano. Se concluye que se debe tener especial atención y cuidado en la preparación de todo el personal involucrado en la implementación del TPM, es así que todo el personal operativo debe estar motivado, con la moral en alto, capacitado y con los recursos necesarios para tener éxito en la implementación del TPM y a posteriori elevar los niveles de productividad y flexibilidad que se requieren en un mundo altamente competitivo y cambiante.

Según el Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) (1989) realizó una nueva definición del TPM con los siguientes componentes estratégicos:

1. Crear una organización corporativa que maximice la eficacia de los sistemas de producción.

2. Gestionar la planta con una organización que evite todo tipo de pérdidas (asegurando CERO accidentes, CERO defectos y CERO averías) en la vida entera del sistema de producción.
3. Involucrar a todos los departamentos en la implantación del TPM, incluyendo desarrollo, ventas y administración.
4. Involucrar a todos, desde la alta dirección a los operarios de planta en un mismo proyecto.
5. Orientar debidamente las acciones hacia el “CERO PÉRDIDAS”, apoyándose en las actividades de los pequeños grupos.

Estas acciones deben conducir a la obtención de productos y servicios de alta calidad, mínimos costes de producción, alta moral en el trabajo y una imagen de empresa excelente.

2.4.2 ***Procesos fundamentales TPM (Pilares)***

Según Nakajima (1988) Los procesos fundamentales han sido llamados por el JIPM como "pilares". Estos pilares sirven de apoyo para la construcción de un sistema de producción ordenado. Se implantan siguiendo una metodología disciplinada, potente y efectiva. Los pilares considerados por el JIPM como necesarios para el desarrollo del TPM en una organización son:

Mejoras enfocadas o Kobetsu Kaizen

Según Nakajima (1988) son actividades que se desarrollan con la intervención de las diferentes áreas comprometidas en el proceso productivo, con el objeto maximizar la Efectividad Global de Equipos (OEE), procesos y plantas; todo esto a través de un trabajo organizado en equipos funcionales e inter-funcionales que emplean metodología específica y centran su atención en la eliminación de cualquiera de las 6 pérdidas existentes en las plantas industriales.

TABLA 3. SEIS GRANDES PÉRDIDAS

Efectividad Global del Equipo	Las seis grandes pérdidas
Pérdidas en la disponibilidad	Tiempo perdido por falla de los equipos
	Configuración y ajustes en producción
Pérdidas en el desempeño	Stand-by y paradas menores
	Velocidad reducida de los equipos
Pérdida de calidad	Productos defectuosos
	Productos defectuosos al inicio de operación

Fuente: Vorne Industries

Mantenimiento Autónomo o Jishu Hozen

Como se mencionó anteriormente es necesario que las industrias fabriquen productos de calidad y de manera oportuna, es así que el operador de las máquinas de manufactura ocupan una pieza clave en obtener dicha calidad a la primera, Según Socconini (2019) “La calidad en la fuente significa que los operadores y su equipo contribuyen en sus procesos a lograr una calidad excelente desde la primera vez que se realiza el trabajo.”

Vemos entonces que un operador debe participar activamente en la operación, ajuste, lubricación y mantenimiento oportunos del equipo de manufactura asignado. A esta participación activa del operador en el proceso productivo lleva el nombre de Mantenimiento Autónomo, según Socconnini (2019):

No es suficiente con ser capaz de hacer un trabajo de excelente calidad si la máquina con la que se opera está descompuesta, por ello en este sistema de manufactura esbelta es indispensable la máxima eficiencia en la maquinaria para lograr también optimizar su eficacia. Esto se logra haciendo que el operador se ocupe del cuidado de su equipo mediante actividades diarias de limpieza,

lubricación, revisiones generales y pequeños ajustes. Esto es parte fundamental de Lean Manufacturing, que basa el sistema en la participación activa del personal y en las mejoras por iniciativa propia.

Una de las actividades del sistema TPM es la participación del personal de producción en las actividades de mantenimiento. Este es uno de los procesos de mayor impacto en la mejora de la productividad. Su propósito es involucrar al operador en el cuidado del equipamiento a través de un alto grado de formación y preparación profesional, respeto de las condiciones de operación, conservación de las áreas de trabajo libres de contaminación, suciedad y desorden.

El mantenimiento autónomo se fundamenta en el conocimiento que el operador tiene para dominar las condiciones del equipamiento, esto es, mecanismos, aspectos operativos, cuidados y conservación, manejo, averías, etc. Con este conocimiento los operadores podrán comprender la importancia de la conservación de las condiciones de trabajo, la necesidad de realizar inspecciones preventivas, participar en el análisis de problemas y la realización de trabajos de mantenimiento liviano en una primera etapa, para luego asimilar acciones de mantenimiento más complejas.

Mantenimiento Planificado

Según Nakajima (1988) el objetivo de este Pilar es el de eliminar los problemas del equipamiento a través de acciones de mejora, prevención y predicción. Para una correcta gestión de las actividades de mantenimiento es necesario contar con bases de información, obtención de conocimiento a partir de los datos, capacidad de programación de recursos, gestión de tecnologías de mantenimiento y un poder de motivación y coordinación del equipo humano encargado de estas actividades.

Mantenimiento de Calidad o Hinshitsu Hozen

Según Nakajima (1988) esta clase de mantenimiento tiene como propósito mejorar la calidad del producto reduciendo la variabilidad, mediante el control de las condiciones de los componentes y condiciones del equipo que tienen directo impacto en las características de calidad del producto. Frecuentemente se entiende en el entorno industrial que los equipos producen problemas cuando fallan y se detienen, sin embargo, se pueden presentar averías que no detienen el funcionamiento del equipo, pero producen pérdidas debido al cambio de las características de calidad del producto final. El mantenimiento de calidad es una clase de mantenimiento preventivo orientado al cuidado de las condiciones del producto resultante.

Gestión Temprana

Según Nakajima (1988) son aquellas actividades de mejora que se realizan durante la fase de diseño, construcción y puesta a punto de los equipos, con el objeto de reducir los costes de mantenimiento durante su explotación. Una empresa que pretende adquirir nuevos equipos puede hacer uso del historial del comportamiento de la maquinaria que posee, con el objeto de identificar posibles mejoras en el diseño y reducir drásticamente las causas de averías desde el mismo momento en que se negocia un nuevo equipo. El objetivo de este Pilar está enfocado en reducir drásticamente el plazo desde el desarrollo inicial a la producción en gran escala y lograr un arranque vertical de los sistemas productivos (un arranque rápido, libre de dificultades y correcto desde el principio).

Mantenimiento en áreas administrativas

Según Nakajima (1988) esta clase de actividades no involucra el equipo productivo. Departamentos como planificación, desarrollo y administración no producen un valor directo como producción, pero facilitan y ofrecen el apoyo necesario para que el proceso productivo funcione eficientemente, con los menores costes, oportunidad solicitada

y con la más alta calidad. Su apoyo normalmente es ofrecido a través de un proceso productivo de información.

Capacitación y Entrenamiento

Según Nakajima (1988) las habilidades tienen que ver con la correcta forma de interpretar y actuar de acuerdo a las condiciones establecidas para el buen funcionamiento de los procesos. Es el conocimiento adquirido a través de la reflexión y experiencia acumulada en el trabajo diario durante un tiempo. El TPM requiere de un personal que haya desarrollado habilidades para el desempeño de las siguientes actividades:

- Habilidad para identificar y detectar problemas en los equipos.
- Comprender el funcionamiento de los equipos.
- Entender la relación entre los mecanismos de los equipos y las características de calidad del producto.
- Poder de analizar y resolver problemas de funcionamiento y operaciones de los procesos.
- Capacidad para conservar el conocimiento y enseñar a otros compañeros.
- Habilidad para trabajar y cooperar con áreas relacionadas con los procesos industriales.

2.4.3 *Relación entre pilares*

Según Nakajima (1988) los procesos fundamentales o "pilares" del TPM se deben combinar durante el proceso de implantación. Debe existir una cierta lógica para la implantación del TPM en la empresa y esta dependerá del grado de desarrollo que la compañía posea en su función productiva y de mantenimiento en relación a cada uno de los procesos fundamentales.

2.5 MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

El mantenimiento autónomo es uno de los principales pilares (Jishu Hozen) del TPM. En la etapa de implementación del pilar, la formación del personal en la metodología del TPM es una actividad importante lo cual comprende:

- Metodología de las 5's.
- Definición y características del Mantenimiento Autónomo.
- Establecimiento de habilidades para el diagnóstico de fallas.
- Procedimientos de trabajo.

La etapa de formación del personal en la metodología incluye el personal de mando intermedio y personal base. Ésta acción es la más difícil y la que se lleva más tiempo en realizar, porque a los operadores y técnicos de mantenimiento se les dificulta dejar su forma habitual de trabajo. Los operadores trabajan a tiempo completo en la producción y el personal de mantenimiento asume por completo las responsabilidades de las reparaciones.

Cambiar tales actitudes son las razones por las que se requiere de mucho tiempo para progresar eficientemente en la implementación completa del TPM. Cambiar la cultura organizacional en una compañía lleva mucho tiempo.

Al fomentar el TPM en su compañía, usted debe creer en la factibilidad de que, cada uno de sus colaboradores pueden adoptar la autonomía en su trabajo.

Según Alles (2017) Una ventaja de la implementación del Mantenimiento Autónomo es brindar mayor autonomía al operador, en términos de gestión del talento humano le llamamos Empowermet, lo cual según Alles nos ayuda mucho a generar un mejor clima laboral:

Esto permitirá que cada integrante vaya asumiendo mayores responsabilidades y libertad para la toma de decisiones. Esto implicará un incremento de sus competencias y el desarrollo y utilización del potencial latente hasta ese momento. A través de este proceso el individuo desarrolla una mayor autoestima y se integra más a la organización.

Según Masaji y Fumio (1999) el éxito del proceso de implementación del mantenimiento autónomo es necesario un cambio cultural en los operadores y también en la organización, es así que se debe revisar las funciones y roles de todo el personal involucrado (operadores, técnicos, supervisores de producción

y supervisores de mantenimiento en especial). El inicio de este cambio estructural inicia al revisar el rol del operador. Como resultado de la implementación del mantenimiento autónomo será que la visión del supervisor y operador cambiarán.

En algunos casos será necesario crear una jerarquía que permita distinguir y valorar el progreso del operador. De esta manera será una forma de motivar al cambio organizacional propuesto con el mantenimiento autónomo.

Según Nakajima (1988) cuando indica: “incrementar las habilidades de los operadores de producción y técnicos de mantenimiento, por medio de la capacitación y dándoles adiestramiento en tuercas y tornillos” Nos sugiere que la capacitación debe enfocarse a cursos como: Análisis de causa raíz, ciclo PDCA, electricidad, mecánica, neumática, hidráulica, motores eléctricos, ergonomía, ecología, etc., todos estos cursos según las necesidades de cada planta. Esto quiere decir que el operador deberá conocer los principios básicos que permiten el funcionamiento óptimo de sus equipos, de esta manera lograrán ser especialistas de su propia máquina.

La capacitación también se refiere a la mecánica básica, el uso de herramientas y técnicas de mantenimiento como: inspecciones sensoriales e instrumentales, ajustes y reparaciones, lubricación, montaje y desmontaje de rodamientos, etc. así como también saber diferenciar las diferentes estrategias de mantenimiento, como mantenimiento correctivo, preventivo, predictivo, overhaull, etc.

Una vez que se completan las conocimientos y competencias necesarias, el operador estaría listo para ejecutar la estructura propuesta de la nueva gestión del mantenimiento. Es entonces necesario un departamento de ingeniería industrial que elabore los procedimientos, formatos, indicadores, etc.

Por esta razón el TPM lleva mucho tiempo en implementarse y es recomendable una asesoría para su implementación.

A continuación, detallaremos los siete pasos para desarrollar el mantenimiento autónomo descritos por el Dr. Nakajima (Nakajima, 1988).

2.5.1 *Mantenimiento autónomo en siete pasos*

Limpieza inicial

Desarrollo del interés de los operadores y operarios por mantener limpias sus máquinas.

Según ASQ (Learn about Quality) la limpieza es un proceso educativo que provoca resistencia al cambio, esto es debido a que no estamos acostumbrados a trabajar de manera ordenada y limpia, y creemos que el trabajo de limpieza no nos corresponde, más aún si existen personas que realicen este trabajo.

Es necesario que junto a esta etapa inicial se utilice la herramienta de las 5S como guía en lograr un lugar de trabajo limpio y ordenado. También en todo el proceso, las 5S permite un clima laboral adecuado “5S is defined as a methodology that results in a workplace that is clean, uncluttered, safe, and well organized to help reduce waste and optimize productivity. It's designed to help build a quality work environment, both physically and mentally” (ASQ).

Proponga medidas que señale las causas y efectos de la basura y el polvo.

Según Nakajima (1988) lo más difícil para el individuo es hacer la limpieza inicial. La firmeza debe ser individual para desear mantener el equipo limpio, y así reducir el tiempo de limpieza.

El operador de la maquinaria, cuando ha aceptado hacer la limpieza, debe de proponer medidas para combatir las causas de la generación de desorden, suciedad, desajustes, etc.

La limpieza tomada con profesionalismo implica desarrollar mecanismo que eviten la acumulación de suciedad, podemos decir: “... no es más limpio el que limpia más sino el que ensucia menos...”

Estándares de limpieza y lubricación.

Según Nakajima (1988) en los pasos 1 y 2, los operadores identifican las condiciones básicas que deben tener sus equipos. Cuando esto ha sido

terminado, los grupos de trabajo del TPM pueden proponer los estándares (guías de trabajo) para un rápido y eficaz trabajo de limpieza, para evitar la suciedad. También se logran desarrollar las rutinas de trabajo en cuanto a lubricación y ajustes para cada pieza del equipo, que permitan mantener las buenas condiciones operativas.

Más adelante en el paso 5 se reevalúan los estándares de mantenimiento autónomo, se inician los mantenimientos preventivos básicos, verificándolos con los procedimientos de inspección autónoma.

El método de trabajo de las 5's se refiere al mejoramiento continuo del ambiente de trabajo y su principal enfoque se basa en el orden y la limpieza de las cosas y en el respeto a las políticas y disciplinas de cada organización. Y es necesario implementarlas antes de iniciar los primeros pasos del Mantenimiento Autónomo.

Es necesario hacer una excelente implementación de las 5's, no solo como una campaña o un método simple de limpieza, sino como un estilo de trabajo.

Lamentablemente si no se implementa eficientemente o solo se realiza en forma de campaña, el TPM, fracasará indefectiblemente.

El Dr. Nakajima afirma que “no es conveniente implementar el Mantenimiento Autónomo, sin haber obtenido los logros tempranos que proporcionan las 5's. De aquí que ambas metodologías están íntimamente relacionadas” (Nakajima, 1988).

Inspección general.

Según Nakajima (1988) los pasos 1, 2 y 3 son las acciones de mantenimiento autónomo para establecer las condiciones fundamentales de los equipos: limpiezas, lubricación y ajustes.

En este cuarto paso se ensaya la detección de los modos de falla con una inspección general del equipo.

Es también vital haber iniciado ya las capacitaciones relacionadas a incrementar las habilidades de todo el personal, para que puedan realizar la inspección general.

Este cuarto paso lleva mucho tiempo complementarlo, porque todos los operadores tienen que desarrollar su habilidad y destreza para detectar anomalías.

Inspección autónoma.

Según Nakajima (1988) en el paso 5, los estándares de limpieza y lubricación establecidos en las etapas 1,2 y 3 y el estándar de referencia de la inspección de arranque, son comparados y evaluados para eliminar cualquier inconsistencia y asegurar las actividades del mantenimiento autónomo. El tiempo y la buena técnica proporcionarán el arribo a la meta.

En este paso 5 se debe hacer el manual de inspección autónoma. Aquí se complementan las inspecciones de grupos de trabajo de operadores y personal técnico, estas inspecciones se harán con equipo en paro, equipo en marcha y condiciones de operación.

Cuando los operadores de producción y operarios de mantenimiento son completamente entrenados para conducir la inspección general, (paso cuatro) el departamento de mantenimiento podrá hacer los programas de mejoramiento de: diseño del equipo, mantenimiento preventivo rutinario por calendario y/o uso, preparar los estándares de mantenimiento, inspecciones, listas de verificación y ajustes, además de procedimientos que contengan un ciclo completo de inspección. Es muy importante culminar con la elaboración de los manuales operacionales estándar de las actividades (de producción y mantenimiento) más importantes.

Organización y ordenamiento. (Seiri)

Según Nakajima (1988) en esta etapa se identifican los aspectos a ser manejados en el centro de trabajo, haciendo procedimientos y estándares. Esto es un trabajo para el nivel de dirección y mandos intermedios (No despreciar y simplificar los objetivos a condiciones manejables).

Los pasos 1 al 5 acentúan las actividades de inspección y mantenimiento de las condiciones básicas de los equipos (limpieza, lubricación y

ajustes). El papel del operador es mucho más amplio, sin embargo, tome en cuenta que solo es el principio.

En el paso 6, los líderes, mandos medios y directores toman un papel importante al completar la implementación del mantenimiento autónomo, realizando una evaluación de las responsabilidades de los operadores.

Es recomendable dividir este paso en niveles, para describir mejor y con más detalle las acciones a tomar.

Recuerde que la implementación del TPM toma de tres a cinco años. Los operadores deben llegar en este término soportando el mantenimiento correctivo básico, el preventivo básico, detectar modos de fallas, producir solo con calidad, etc.

Término de la implantación del mantenimiento autónomo.

Según Nakajima (1988) habiendo terminado las actividades en grupos de trabajo, liderados por los supervisores (terminando el paso 6) los colaboradores serán más profesionales y motivados así a una misma dirección.

Por último, ellos se hacen independientes, especialistas, y confiados colaboradores, quienes pueden buscar o generar el mejoramiento del equipo, proceso y/o herramientas con total autonomía.

Esto representa, que las actividades de los grupos de trabajo tuvieron el enfoque de eliminar las seis grandes pérdidas e implantar en cada centro de trabajo el mejoramiento de habilidades como lo recomiendan las Cinco Medidas Para Cero Paros.

2.5.2 *Cinco medidas para cero paros (tiempos perdidos)*

Según Nakajima (1988) idealmente, los paros pueden ser eliminados completamente a través del mantenimiento preventivo o la adopción eficiente de alguna estrategia de mantenimiento, sin embargo, la condición de la mayoría de los equipos está lejana a este ideal.

El primer paso hacia la mejora continua, es eliminar las fallas de los equipos por quienes los operan. La experiencia nos dice que es importante una retroalimentación del operador para mejorar el diseño de

los equipos, con esta constante práctica los equipos gradualmente se aproximarán al ideal.

Una falla resulta de la pérdida del funcionamiento normal de cierto componente de un equipo. Por ejemplo, originado por una mala operación de un sistema, ensamble, sub - ensamble e incluso una parte.

Esta pérdida de funcionamiento normal, no sólo implica un inesperado paro que conduzca a una suspensión total, sino que el equipo siga trabajando, pero ocasionando varias pérdidas pequeñas, como: bajo rendimiento, pérdida de velocidad, tiempos de ciclos mayores, más largos y difícil puesta a punto, ajustes, tiempo ocioso y micro paros. Dichas pérdidas también tienen que ser tratadas como fallas inesperadas.

Los paros inesperados con suspensión completa son llamados *fallas de funcionamiento-pérdida*, mientras aquellos que implican deterioros paulatinos del equipo y a pesar de ello continúan operando mal, son llamados *fallas de reducción de funcionamiento*.

Entendemos entonces, que aquellas fallas de funcionamiento-pérdida que provocan un defecto de calidad o un tiempo perdido, representan la punta del “iceberg”.

Sin embargo, las fallas de reducción de funcionamiento originadas por basura, polvo, fricción, soldaduras, desgastes y vibración, (que pueden parecer insignificantes) son el verdadero problema. Estos pequeños problemas con altas frecuencias de ocurrencia suelen repentinamente convertirse en grandes.

A veces estos pequeños desperfectos pueden crear un efecto más fuerte. “Como una pequeña chispa puede causar un fuego”, así de importante es terminar con ellos mientras son pequeños.

Este es el concepto fundamental del mantenimiento preventivo cuando se estructura un fuerte método de inspección.

Desperfecto que no es visto y no es tratado, se le llama desperfecto oculto y será el detonador de una falla y por consiguiente un paro.

Por lo tanto, se tendrá que encontrar los defectos ocultos y restaurar las condiciones óptimas del equipo antes de su deterioro.

Las siguientes cinco prácticas ayudan a eliminar fallas (visibles y ocultas) y por consiguiente evitar que paren los equipos:

1. Estandarice las condiciones básicas de: Limpieza, lubricación y ajuste.
2. Cumplir los procedimientos de operación.
3. Desarrolle los mecanismos de control-ajuste para evitar las mermas en las máquinas.
4. Mejore las debilidades de diseño.
5. Mejore las habilidades y destrezas de los operadores y técnicos de mantenimiento.

Recuerde que muchas veces los paros ocurren porque las personas fallan en la implementación de medidas sencillas. Así entonces; los paros pueden ser eliminados si se cumplen los procedimientos, los que deben ser los más adecuados y explicados de una manera sencilla para poder replicarlos lo más parecido posible.

Si estos procedimientos son elaborados por ambos departamentos, producción y mantenimiento, los involucrados deben trabajar entendiendo las funciones de cada uno. También es necesario que se realice cada procedimiento con compromiso y cooperación. De igual manera se debe realizar una concientización para entender que el trabajo colaborativo permitirá evitar las fallas de una manera más rápida y dejando el camino para evitar que vuelva a ocurrir.

2.5.3 Auditoria del mantenimiento autónomo.

Según Nakajima (1988) auditar las actividades de los grupos de trabajo para evaluar el avance respectivo, es parte importante del papel que juega los responsables de liderar el desarrollo del sistema de mantenimiento autónomo.

Para la conducción eficaz de la auditoria del mantenimiento autónomo, los auditores (supervisores y el personal de ingeniería), tienen que entender primero el ambiente de trabajo. Todo esto para que puedan retroalimentar acertadamente a los grupos de trabajo en cuanto a: la técnica, instrucciones de trabajo y análisis de los sistemas/equipos objetos de la implementación.

Con esto Nakajima aconseja que la auditoria del mantenimiento autónomo debe ser realizada en forma autónoma por los mismos trabajadores.

2.6 EFECTIVIDAD GLOBAL DEL EQUIPO (OEE)

La Efectividad Global del Equipo fue inventada por el Ing. Nakajima y es una herramienta que permite medir la eficiencia del proceso de manufactura y de esta manera permite mejorar los procesos.

Según un estudio en Industrial Engineering Journal (India) nos dice:

Overall equipment effectiveness (OEE) is developed by Seiichi Nakajima. OEE is a way to improve the efficiency in manufacturing process .OEE has become an accepted tool to measure and evaluate plant floor performance and productivity. OEE has three factors Availability, Performance and Quality. (Gandhi & Deshpande, 2018)

Según Vorne Industries (2014) La Efectividad Global del Equipo, OEE (Overall Equipment Effectiveness), es un indicador que nos muestra el nivel de productividad de una planta de manufactura que fabrica productos discretos. Un puntaje de 100% de OEE representa una perfecta productividad: producción de sólo partes buenas, tan rápido como es posible y sin paradas no programadas. El OEE proviene de tres factores: disponibilidad (availability), desempeño (performance) y calidad (quality). Cada uno de estos tres factores representa un enfoque diferente de cómo el proceso de manufactura se acerca a una perfecta producción.

Indicador OEE	Producción excelente
Disponibilidad	Una Disponibilidad al 100% significa que el proceso trabaja todo el tiempo planificado (nunca para por falla de un equipo)
Desempeño	Un Desempeño al 100% significa que el equipo trabaja tan rápido como sea posible (a la máxima velocidad teórica planificada)
Calidad	Calidad al 100% significa que no hay productos defectuosos

FIGURA 3. ÁREAS DE MEDICIÓN DEL OEE

Fuente: Vorne Industries (2014)

Comentario: Se muestra las características de una producción excelente

Otra manera de ver los tres factores es en términos de pérdida:

Pérdida de disponibilidad, (Availability) incluyen todos los eventos que paran la producción planeada un tiempo considerable de tiempo (usualmente varios minutos). Por ejemplo, falla de equipos, mantenimiento no planificado y escasez de insumos.

Pérdida de desempeño, (Performance) incluye todos los factores que causan una reducción en la máxima velocidad del proceso productivo. Por ejemplo, desgaste de la maquinaria y materiales con medidas por debajo de las especificaciones que originan bajar la velocidad de producción, también se pueden originar micro paradas.

Pérdida de calidad, (Quality) incluye la pérdida de producción (como producto terminado o semielaborado) que no cumplen con los estándares de calidad luego de ser producidos a la primera. Por ejemplo, merma y producción a ser reprocesada.



FIGURA 4. CÁLCULO DEL OEE

Fuente: Vorne Industries (2014)

Comentario: El cálculo del OEE se encuentra a través de 3 indicadores, que son: Disponibilidad, Desempeño y Calidad.

Cálculo del OEE

Disponibilidad “Di” (Availability)

$$Di = \frac{\text{Tiempo de operación}}{\text{Tiempo planeado}} \times 100$$

Ejemplo:

Turno de trabajo 8 hrs

Parada programada (PP) de 1 hr

Parada no programada (PNP) de 0.5 hr

$$Di = \frac{8 - 1 - 0.5}{8 - 0.5} \times 100$$

$$Di = 86,7\%$$

Desempeño “De” (Performance)

$$De = \frac{\text{Ciclo real } \left(\frac{\text{pzas}}{\text{hr}} \right)}{\text{Ciclo teórico } \left(\frac{\text{pzas}}{\text{hr}} \right)} \times 100$$

Ejemplo:

Ciclo real = 18 pzas / hr

Ciclo teórico = 20 pzas / hr

$$De = \frac{18}{20} \times 100$$

$$De = 90\%$$

Calidad “C” (Quality)

$$C = \frac{\text{Buenas piezas}}{\text{Total de piezas}} \times 100$$

Ejemplo:

Piezas defectuosas = 5

Piezas totales = 200

$$C = \frac{200 - 5}{200}$$

$$C = 97,5 \%$$

2.6.1 *Enfoque en las pérdidas*

Medir el OEE es sólo el inicio, el mayor potencial de esta herramienta es entender y corregir las pérdidas que ocasionan una baja disponibilidad, desempeño y/o calidad.

Factor OEE	Seis grandes pérdidas
Disponibilidad	Fallas (por ejemplo: falla en el equipo, falla en herramientas, mantenimiento no planificado, etc.)
	Ajustes (por ejemplo: cambios de formato, reabastecimiento de materia prima, etc.)
Desempeño	Velocidad reducida (por ejemplo: arranque de producción, operación ineficiente, ajustes defectuosos, etc.)
	Microparadas (por ejemplo: falla en abastecimiento de materia prima, falla en sensores, ajustes, limpieza, etc.)
Calidad	Rechazos al arranque de producción
	Rechazos durante la producción

FIGURA 5. EXPLICACIÓN DE LAS 6 GRANDES PÉRDIDAS

Fuente: Vorne Industries (2014)

Comentario: Cada área de medición del OEE las podemos desgargar en las 6 grandes pérdidas en los procesos de manufactura

2.6.2 Ajuste de los objetivos

Hay muchas referencias de clase mundial del OEE como 85% para procesos discretos. Si se está implementando el indicador OEE, se podrá encontrar una línea base en 60% o menos, e ir incrementando el indicador cada 3 o 4 meses. El incremento del OEE responde a un análisis y el desarrollo de mejoras en todo el proceso.

TABLA 4. OBJETIVOS DEL OEE

NIVEL	OEE
Clase mundial	>85%
Línea base	< 60%

Fuente: (OEE Executive Summary, 2014)

2.6.3 Automatizar el proceso de obtención del OEE

El proceso de obtención del indicador del OEE es complejo y hay el riesgo de no obtener los valores reales, por lo tanto, en base a los indicadores errados tomar malas decisiones. Es por esto que debemos planificar la obtención de la información para posteriormente procesarla.

Podríamos decir que las alternativas de obtención del indicador OEE serían:

- Recolectar la información en formatos escritos por el operador y posteriormente procesarlos en una hoja de cálculo.
- Recolectar la información en formatos escritos por el operador y posteriormente procesarlos en una hoja de cálculo en la nube (por ejemplo, Power BI), con lo cual el acceso a los indicadores podría ser más fácil.
- Recolectar la información en formatos digitales, para lo cual el operador debe tener acceso a un dispositivo multimedia (Tablet o PC) y utilizar una hoja de cálculo en la nube (por ejemplo, Power BI).
- Finalmente, podemos automatizar el proceso de obtención de datos en la línea de producción, siempre con la validación del operador y supervisor. Para lo cual el operador debe tener acceso a un dispositivo multimedia (Tablet o PC) y utilizar un aplicativo que desarrolle el indicador OEE y reportes respectivos.

Estas alternativas pueden darse paulatinamente a medida que la empresa va incrementada sus volúmenes de producción.

Según uno de los desarrolladores de software más reconocidos a nivel mundial, Lanserficher (The Process Automation, 2020), nos dice cuáles son las ventajas de la automatización en los procesos de la información:

- Aumentar el enfoque en iniciativas más estratégicas: Es decir, dar a los empleados más tiempo para concentrarse en proyectos de alto valor o actividades generadoras de ingresos, en lugar de completar formularios, organizar contenido o rastrear aprobaciones.
- Haga crecer su organización: Acelere los tiempos de respuesta para los procesos orientados al cliente, impulsando su satisfacción y permitir que su organización asuma más negocios.

- Impulsar la productividad: Reducir el esfuerzo manual involucrado en los procesos diarios de los empleados y el costo de posibles reprocesos debido a errores humanos.
- Mejorar la transparencia: Permitir que los empleados y la dirección ejecutiva vean el estado de la empresa en cada etapa del proceso.
- Reducir costos: Minimice el costo de realizar el trabajo manual, aumentando el personal y los recursos para otras iniciativas.
- Impulse la innovación: Libere a los empleados para que se concentren en proyectos innovadores de panorama general, como generar nuevas ventas o mejorar las relaciones con los clientes de su organización.
- Identifique los cuellos de botella con anticipación: Rastree el informe fácilmente sobre los procesos para detectar posibles ineficiencias y abordarlos con prontitud.
- Facilite las auditorías: Facilite el seguimiento y la contabilidad de las transacciones de datos y documentos, dando a los auditores una imagen clara de cómo opera su negocio (Laserfiche, 2020).

CAPITULO 3

3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE LADRILLOS

El proceso de fabricación de ladrillos a gran escala abarca desde la extracción de la arcilla de las canteras hasta el almacenamiento del ladrillo terminado. A continuación, se muestra un flujograma del proceso.

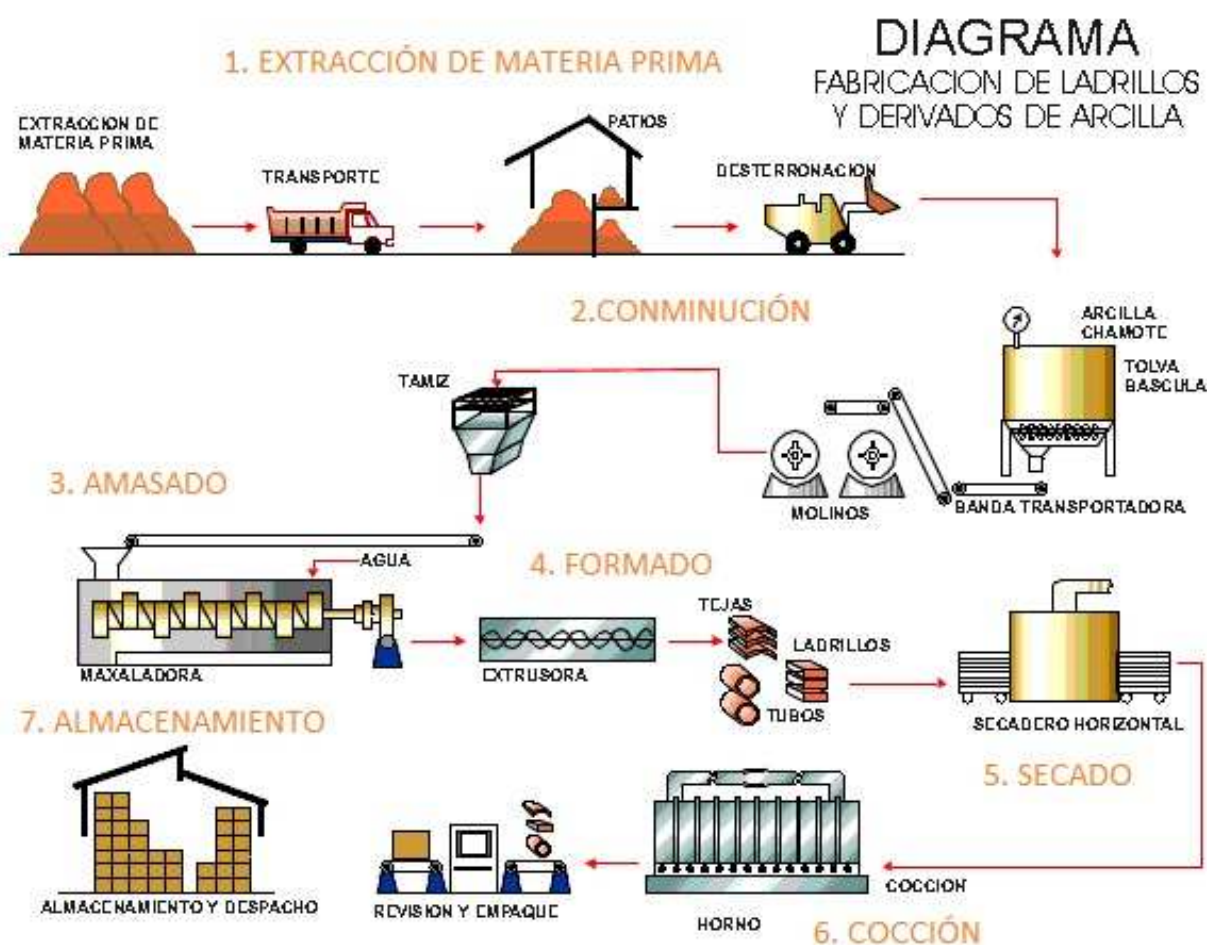


FIGURA 6. FLUJOGRAMA DE FABRICACIÓN DE LADRILLOS

Fuente: <https://images.app.goo.gl/3aYvqXUtUwbL1sv99>

3.1 EXTRACCIÓN DE MATERIA PRIMA

Etapa inicial que consiste en extraer la arcilla de las canteras a través de palas, cargadores frontales y posteriormente el acarreo a través de volquetes hasta la planta de procesamiento.

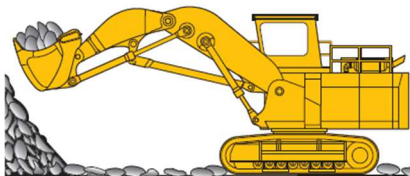


FIGURA 7. *PALA HIDRÁULICA*

Fuente: <https://www.caterpillar.com/es/brands/cat/merchandise.html>

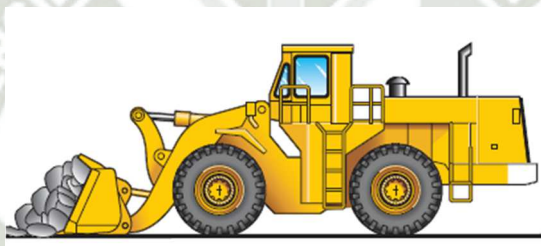


FIGURA 8. *CARGADOR FRONTAL*

Fuente: <https://www.caterpillar.com/es/brands/cat/merchandise.html>



FIGURA 9. *CARGÍO DE VOLQUETE*

Fuente: <https://www.caterpillar.com/es/brands/cat/merchandise.html>

Comentario: Se observa el momento de carguío de un camión con una pala hidráulica.

3.2 CONMINUCIÓN DE LA MATERIA PRIMA

Proceso que reduce el tamaño de los terrones de arcilla extraídas de las canteras a un polvo fino. En este proceso se utilizan chancadoras de martillo.

En esta etapa también se cuentan con zarandas que permiten cernir el polvo fino y posteriormente llevarlo al silo de finos. En esta etapa también se separan las materias extrañas como piedras, basuras, etc.

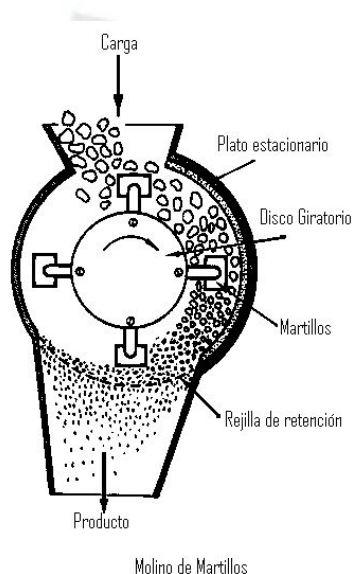


FIGURA 10. CHANCADORA DE MARTILLOS

Fuente: <https://www.fewo-ostseestrand.eu/chancadora-de-piedras-movil/13001.html>

Comentario: Se ve en las imágenes una chancadora de martillos, constituida por 4 martillos. La conminución se da por impacto entre el martillo y la roca.

3.3 AMASADO

Del proceso de conminución se transporta la arcilla en polvo por medio de fajas a silos de almacenamiento y posteriormente a la máquina de amasado por medio de fajas. En esta etapa se mezcla la arcilla en polvo con agua utilizando medios mecánicos.



FIGURA 11. AMASADORA

Fuente: Google

Comentario: Se observa en la figura una amasadora constituida por una hélice helicoidal que gira dentro de un almacén con base semicircular. El objetivo de la amasadora es uniformizar la mezcla.



FIGURA 12. AMASADORA (ISOMÉTRICO)

Fuente: https://es.made-in-china.com/co_hcmining/product_Horizontal-Soil-Fertilizer-Coal-Powder-Mixer-for-Briquette-Line_esyhenssu.html

Comentario: Se observa en la figura el accionamiento de la hélice, que es a través de una caja reductora de velocidad. Recordar que la hélice debe girar a baja revolución y el motor eléctrico usualmente gira a 1800 rpm.

3.4 FORMADO

En esta etapa la arcilla húmeda es transportada por medio de fajas a la máquina extrusora, donde por medio de una inyección a presión salen barras de pasta compacta que son cortadas por alambres. En un primer corte se da la medida de varios ladrillos juntos para que en un segundo corte se dé el tamaño final del ladrillo. Todo el transporte es a través de fajas.



FIGURA 13. *EXTRUSORA*

Fuente:

<https://www.todobandas.com/portal/docs/CATALOGO%20BANDAS%20SERIE%20BRED.A.pdf>

Comentario: Se observa la salida de la extrusora, donde se ve la masa de arcilla con forma rectangular e interiormente los orificios típicos de un ladrillo.

3.5 SECADO

En esta etapa los ladrillos de pasta compacta húmeda son almacenados de manera automáticamente en carros de varios niveles. Luego son transportados a cámaras con alta radiación solar para poder evaporar el agua contenida en la pasta húmeda que forma el ladrillo.



FIGURA 14. SECADOR DE LADRILLOS

Fuente: <https://ladrillera-la-esperanza.principalwebsite.com/>

Comentario: Se observa pilas de ladrillos terminados en un secador por radiación solar.

3.6 COCCIÓN

En este proceso el ladrillo seco se coloca sobre carros especiales que son llevados a hornos donde se alcanza temperaturas entre 800°C y 1000°C. El horno durante el proceso de cocción está totalmente cerrado.



FIGURA 15. HORNO DE COCCIÓN

Fuente: [https://docplayer.es/43642941-
Hornos-eficientes-en-la-](https://docplayer.es/43642941-Hornos-eficientes-en-la-)

Comentario: Se observa la puerta de un horno que utiliza un combustible fósil.

3.7 ALMACENAMIENTO

Luego de un enfriamiento el ladrillo es retirado de los hornos y almacenado en pilas para su próxima comercialización.



FIGURA 16. ALMACENAMIENTO DE LADRILLOS

Fuente: <https://pe.all.biz/ladrillos-de-construccion-g44408>

CAPITULO 4

4 DESARROLLO DE TESIS

4.1 PLAN DE TRABAJO

TIEMPO	Mes	1				2				3			
ACTIVIDADES	Semanas	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Elaboración de plan de trabajo		X											
Análisis de criticidad		X											
Evaluación en la máquina elegida como piloto		X											
Elaboración de formatos (limpieza, inspección, lubricación y seguridad)		X	X	X									
Elaboración de estándar de trabajo					X								
Elaboración de procedimiento para la mejora continua					X								
Elaboración de formato de registro de producción, calidad y mantenimiento					X								
Elaboración de indicador OEE						X	X	X	X	X	X		
Prueba de validación									X	X	X	X	X
Capacitación sobre el Mantto. Autónomo a operadores					X								
Capacitación sobre el Mantto. Autónomo a supervisores					X								

FIGURA 17. *PLAN DE TRABAJO*

Fuente: Elaboración propia

4.2 ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS Y AUDITORÍA EN LA MÁQUINA ELEGIDA COMO PILOTO

Primero se fijaron los criterios a evaluar en cada máquina de la línea de producción de ladrillos. Estos criterios están en función de los objetivos del área de producción.

TABLA 5. OBJETIVOS Y CRITERIOS A EVALUAR PARA DETERMINAR LA CRITICIDAD DE LAS MÁQUINAS A EVALUAR

OBJETIVOS DE PRODUCCIÓN	CRITERIO A EVALUAR
CALIDAD	Afecta la calidad del producto
CANTIDAD	Tiempo promedio para reparar
	Frecuencia de falla
REDUCIR COSTOS	Costos de producción y mantenimiento
SEGURIDAD	Nivel de riesgo que puede ocurrir
MEDIO AMBIENTE	Nivel de contaminación al medio ambiente

Fuente: Elaboración propia

Luego se procedió a asignar niveles y puntajes respectivos en cada criterio a evaluar.

TABLA 6. PONDERACIÓN CRITERIO: AFECTA LA CALIDAD DEL PRODUCTO

CRITERIO	Afecta la calidad del producto
PONDERACIÓN	Del 0 al 10
10	Afecta directamente la calidad
5	Afecta indirectamente la calidad
0	No afecta la calidad

Fuente: Elaboración propia

TABLA 7. PONDERACIÓN CRITERIO: TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR

CRITERIO	Tiempo promedio para reparar
PONDERACIÓN	Del 1 al 5
5	Más de 24 hrs
4	Entre 12 y 24 hrs
3	Entre 8 y 12 hrs
2	Entre 2 y 8 hrs
1	Menos de 2 hrs

Fuente: Elaboración propia

TABLA 8. PONDERACIÓN CRITERIO: FRECUENCIA DE FALLA

CRITERIO	Frecuencia de falla
PONDERACIÓN	Del 1 al 5
5	Más de 1 vez al día
4	Entre 1 a 6 veces por semana
3	Entre 1 a 3 veces por mes
2	Menos de 2 vez al mes
1	Menos de 11 veces al año

Fuente: Elaboración propia

TABLA 9. PONDERACIÓN CRITERIO: COSTOS DE PRODUCCIÓN Y MANTENIMIENTO

CRITERIO	Costos de producción y mantenimiento
PONDERACIÓN	Del 0 al 5
5	Materiales, HH y lucro cesante
3	Materiales y HH
0	No afecta a los costos

Fuente: Elaboración propia

TABLA 10. PONDERACIÓN CRITERIO: NIVEL DE RIESGO QUE PUEDE OCURRIR

CRITERIO	Nivel de riesgo que puede ocurrir
PONDERACIÓN	Del 0 al 10
10	Seguridad personal mortal
8	Seguridad personal grave
5	Seguridad personal y patrimonial
3	Seguridad patrimonial
0	No afecta a la seguridad

Fuente: Elaboración propia

TABLA 11. PONDERACIÓN CRITERIO: NIVEL DE CONTAMINACIÓN AL MEDIO AMBIENTE

CRITERIO	Nivel de contaminación al medio ambiente
PONDERACIÓN	Del 1 al 5
5	Graves emisiones
4	Medianas emisiones
2	Leves emisiones
0	Ninguna emisión

Fuente: Elaboración propia

Luego se procedió a la ponderación de cada criterio en todas las máquinas de la línea de fabricación de ladrillos.

TABLA 12. EVALUACIÓN DE LA CRITICIDAD EN LAS MÁQUINAS DE LA LÍNEA DE FABRICACIÓN DE LADRILLOS

MÁQUINA	CRITERIOS						TOTAL
	CALIDAD	CANTIDAD		Costos de producción y manto.	Nivel de riesgo que puede ocurrir	Nivel de contaminación al medio ambiente	
	Afecta la calidad del producto	Tiempo promedio para reparar	Frecuencia de falla				
Silo de recepción de MP	5	1	2	0	3	4	15
Faja 1	0	3	2	3	8	0	16
Elevador de cangilones	0	1	3	3	8	0	15
Zaranda primaria	0	1	3	3	3	4	14
Molino primario de martillos	5	1	3	3	8	4	24
Zaranda secundaria	0	1	3	3	3	4	14
Molino secundario de martillos	5	1	3	3	8	4	24
Mezcladora primaria	5	1	3	3	3	2	17
Faja 2	0	3	2	3	8	0	16
Silo pulmón	0	1	2	0	3	0	6
Mezcladora secundaria	5	1	2	3	3	0	14
Faja 3	0	3	2	3	8	0	16
Extrusora	10	3	5	3	8	0	29
Automatismo	5	1	3	5	8	0	22
Secador artificial	5	1	2	3	3	0	14
Secador automático	5	1	2	3	8	0	19

Fuente: Elaboración propia

4.3 EVALUACIÓN EN LA MÁQUINA ELEGIDA COMO PILOTO

La máquina elegida como piloto fue la extrusora debido a la alta criticidad, esto quiere decir que el desarrollo de la metodología del mantenimiento autónomo será en base a esta máquina.

A continuación, se procedió a realizar una encuesta a los operadores, supervisor de producción y mantenimiento, para poder saber la situación real de la gestión de mantenimiento autónomo que existía en la máquina de extrusado.

Las preguntas se agruparon en 3 áreas:

- Procesos de gestión.
- Indicadores.
- Nivel de conocimientos y habilidades del operador en su máquina.

Por motivos de confidencialidad no puedo revelar los resultados de la encuesta, pero podemos decir que el nivel de conocimientos y habilidades del operador en su máquina era aceptable, los indicadores llevados no consideraban la Efectividad Global del Equipo (OEE) y los procesos de gestión había que mejorarlos y documentarlos.

TABLA 13. PREGUNTAS SOBRE LOS PROCESOS DE GESTIÓN

Procesos de gestión	1.1 Conoces los procedimientos para poder iniciar trabajos de ajuste/reparación en la máquina de estudio, que es usado por todo el personal para iniciar un trabajo (el sistema puede incorporar formatos estándares, notas de pizarra, cuaderno de cambio de guardia, etc.)
	1.2 Existe Retroalimentación hacia el personal de rango superior sobre los trabajos realizados sobre la máquina en estudio (confirmación del cambio de formato, inconvenientes, repuestos faltantes, etc.)
	1.3 Se asigna prioridad (por el supervisor) para todos los trabajos de ajuste/reparación realizados por el operador en la máquina en estudio
	1.4 Existe un sistema de revisión y aprobación de trabajos de ajuste/reparación sobre la máquina en estudio (por el operador líder, supervisor o jefe)
	1.5 Las solicitudes verbales de trabajos de mantenimiento (realizados por personal de mantenimiento) sobre el equipo en estudio representan menos del 10% del total de trabajos solicitados

Fuente: Elaboración propia

TABLA 14. PREGUNTAS SOBRE LOS INDICADORES

Indicadores	3.1 Existe un control por indicadores de la calidad (control de ladrillos buenos y defectuosos) obtenida en las líneas de producción
	3.2 Existe un control por indicadores de la disponibilidad del equipo en estudio. Es decir, el porcentaje de tiempo real trabajado respecto al tiempo total programado
	3.3 Existe un control por indicadores del desempeño del equipo en estudio. Es decir, el tiempo real del ciclo de trabajo respecto al tiempo teórico del ciclo de trabajo

Fuente: Elaboración propia

TABLA 15. PREGUNTAS SOBRE NIVEL DE CONOCIMIENTOS Y HABILIDADES DEL OPERADOR

Nivel de conocimientos y habilidades del operador en su máquina	2.1 El operador de la máquina en estudio conoce el proceso
	2.2 El operador conoce el funcionamiento y operación de su máquina
	2.3 El operador conoce y ejecuta las tareas de limpieza de su máquina
	2.4 El operador conoce y ejecuta las tareas de mantenimiento básicas (cambio de formatos, cambio de repuestos de desgaste, etc)
	2.5 El operador conoce la causa de un producto defectuoso y luego repara/ajusta su máquina

2.6 El operador realiza las actividades de mantenimiento mayores (mantenimiento a los mecanismos que constituyen la máquina, cambio de cajas reductoras, overhaul, etc.)

2.7 El operador trabaja con seguridad y protección al medio ambiente

2.8 Detallar en un documento en word las actividades que realiza o debiera realizar el operador al equipo en estudio, en cuanto a: (a) Limpieza (b) Lubricación (c) Inspecciones (d) Ajustes/Calibraciones (e) Tareas de mantenimiento

2.9 Detallar en un documento en Word que aspectos técnicos se debería capacitar a los operadores. Por ejemplo: Dibujo técnico.

Fuente: Elaboración propia

4.4 ELABORACIÓN DE FORMATOS

Los formatos desarrollados se agruparon en 3 tipos:

- Limpieza e inspección.
- Cartilla de Lubricación.
- Mapa de seguridad.

4.4.1 *Limpieza e inspección*

Este formato nos permite visualizar las diferentes actividades de limpieza e inspección realizadas en el equipo piloto, estas actividades son ejecutadas por el operador del equipo.

La limpieza es una actividad manual y la inspección se da de manera sensorial con la vista, tacto, olfato y audición (Ver Fig. 18, pág. 54).

4.4.2 *Cartilla de lubricación*

Este formato nos permite visualizar las diferentes actividades de lubricación realizadas en el equipo piloto, estas actividades son ejecutadas por el operador del equipo (Ver Fig. 19 y 20, pág. 55 y 56).

4.4.3 *Mapa de seguridad*

Este formato nos permite visualizar los diferentes dispositivos de seguridad, guardas y fuentes de alimentación en el equipo piloto. Este formato permite capacitar y/o recordar a los operadores los diferentes implementos de seguridad en el equipo (Ver Fig. 21 y 22, pág. 57 y 58).

PROGRAMA DE LIMPIEZA E INSPECCIÓN					
Nombre del Equipo:		EXTRUSORA		Página	1/1
Marca:		Modelo			
Código del Equipo:		Ubicación		Planta 2	
					
Nro	SISTEMA	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD	HERRAMIENTAS Y MATERIALES	FRECUENCIA
1	Toda la parte externa del equipo	Limpieza e inspección	Superficie externa de la máquina libre de pedasos de masa. Zonas aledañas libre de merma	Sopleteo con aire comprimido y guantes	Al finalizar el turno
2	Cámara de vacío	Inspección	Desgaste de rejillas, camisas laterales, pisadores y pérdida de vacío	Badilejo, guantes y trapo	Final del turno o final de producción
3	Amasadora	Limpieza e inspección	Verificar estado de paletas, ejes y camisas	Badilejo, guantes y trapo	Final del turno o final de producción
4	Amasadora	Limpieza e inspección	Verificar estado de tuercas y pernos de paletas. Verificar paletas rajadas	Badilejo, punzón, martillo, líquidos penetrantes, guantes y trapo	2 veces por semana

FIGURA 18. *FORMATO DE LIMPIEZA E INSPECCIÓN*

Fuente: Elaboración propia

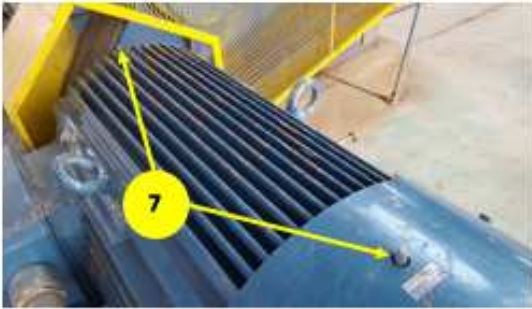
CARTILLA DE LUBRICACIÓN																								
Nombre del Equipo:		EXTRUSORA			Página	12																		
Marca:				Modelo																				
Código del Equipo:				Ubicación	Planta 2																			
Rodamiento pisadores  1 Retén y asbesto  2 Disco de fondo de cañón  3 Rodamiento eje central  4 Sensor de presión  5 Lubricador aire comprimido  6																								
Nro	Tarea	Tipo de lubricante	Especificación de lubricante	Cantidad	Frecuencia	Responsable																		
1	Rellenar	Grasa	EP2	36 iny.	D	Op																		
2	Rellenar	Grasa	EP2	36 iny.	D	Op																		
3	Rellenar	Grasa	EP3	25 iny.	D	Op																		
4	Rellenar	Grasa	EP2	25 iny.	D	Op																		
5	Rellenar	Grasa	EP2	5 iny.	D	Op																		
6	Rellenar	Aceite	Aceite FESTO		15D	Op																		
LEYENDA <table border="1"> <tr><td>2A</td><td>Cada 2 años</td></tr> <tr><td>A</td><td>Anual</td></tr> <tr><td>D</td><td>Diaria</td></tr> <tr><td>15D</td><td>Cada 15 días</td></tr> <tr><td>S</td><td>Semanal</td></tr> <tr><td>M</td><td>Mensual</td></tr> </table> LEYENDA <table border="1"> <tr><td>Me</td><td>Mecánico</td></tr> <tr><td>Lu</td><td>Lubricador</td></tr> <tr><td>Op</td><td>Operador</td></tr> </table>							2A	Cada 2 años	A	Anual	D	Diaria	15D	Cada 15 días	S	Semanal	M	Mensual	Me	Mecánico	Lu	Lubricador	Op	Operador
2A	Cada 2 años																							
A	Anual																							
D	Diaria																							
15D	Cada 15 días																							
S	Semanal																							
M	Mensual																							
Me	Mecánico																							
Lu	Lubricador																							
Op	Operador																							

FIGURA 19. *FORMATO DE LUBRICACIÓN – HOJA 1*

Fuente: Elaboración propia

CARTILLA DE LUBRICACIÓN						
Nombre del Equipo:	EXTRUSORA			Página	2/2	
Marca:		Modelo				
Código del Equipo:		Ubicación	Planta 2			

Rodamiento motor eléctrico



7

Embrague



8

Caja reductora



9

Filtro caja reductora



10

Nivel aceite caja reductora



11

Nro	Tarea	Tipo de lubricante	Especificación de lubricante	Cantidad	Frecuencia	Responsable
7	Pellenar	Grasa	EP2	2 iny.	M	Elec
8	Pellenar	Grasa	EP2	2 iny.	D	Me
9	Cambio	Aceite	680	45 Gl	4000h	Me
10	Limpieza				S	Op
11	Inspección				D	Op

LEYENDA

2A	Cada 2 años
A	Anual
D	Diaria
15D	Cada 15 días
S	Semanal
M	Mensual

LEYENDA

Me	Mecánico
Lu	Lubricador
Op	Operador
Elec	Eléctrico

FIGURA 20. *FORMATO DE LUBRICACIÓN – HOJA 2*

Fuente: Elaboración propia

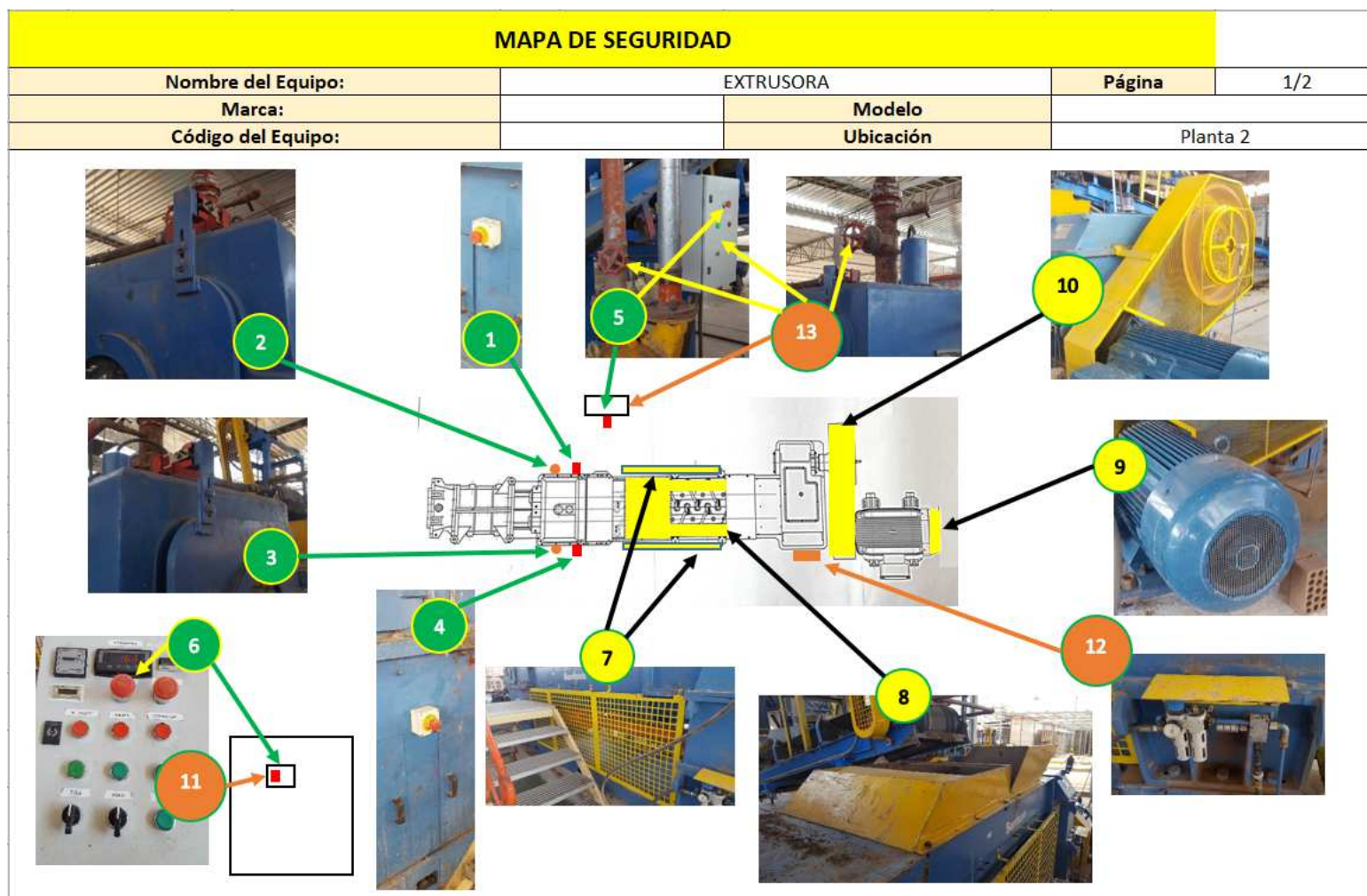


FIGURA 21. *FORMATO DE SEGURIDAD – HOJA 1*

Fuente: Elaboración propia

MAPA DE SEGURIDAD					
Nombre del Equipo:		EXTRUSORA		Página	2/2
Marca:		Modelo			
Código del Equipo:		Ubicación		Planta 2	
Nro	DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD	Nro	GUARDAS DE SEGURIDAD	Nro	FUENTES DE ALIMENTACIÓN
1	Pulsador de emergencia lado derecho	7	Guardas laterales	11	Electrica
2	Interruptor de seguridad lado derecho	8	Guarda ingreso materia prima	12	Neumática
3	Interruptor de seguridad lado izquierdo	9	Guarda motor eléctrico	13	Vacío
4	Pulsador de emergencia lado izquierdo	10	Guarda transmisión		
5	Pulsador de emergencia vacío				
6	Pulsador de emergencia en tablero de control				


FIGURA 22. *FORMATO DE SEGURIDAD – HOJA 2*

Fuente: Elaboración propia

4.5 ELABORACIÓN DE ESTÁNDAR DE TRABAJO

El estándar de trabajo nos ayuda a tener un plan de trabajo establecido que sirva como guía para el operador en la realización de actividades de calibración y ajuste de las principales actividades de mantenimiento autónomo.

A este procedimiento se le suele llamar Procedimiento Estándar de Trabajo Seguro (PETS) o Procedimiento Operacional Estándar (POE).

Se analizó que una de las actividades más importantes es el montaje y calibración de los moldes de ladrillos que se instalan a la salida de la extrusora.

(Ver anexo 1)

4.5.1 *Seguridad y medio ambiente*

Como parte del procedimiento estándar de trabajo seguro (PETS) se considera importante la seguridad y medio ambiente. Dentro de la seguridad se debe evaluar el equipo de protección personal (EPP's) para evitar exponer al trabajador a riesgos y peligros dentro de la actividad de mantenimiento. También es necesario realizar un análisis de riesgo operacional (ARO) y determinar el control del riesgo para evitar accidentes.

En el caso del medio ambiente debe existir los contenedores respectivos para la segregación de los desechos generados durante el mantenimiento, tales como repuestos metálicos, repuestos de plásticos, líquidos químicos, etc.

4.6 ELABORACIÓN DE PROCEDIMIENTO PARA ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ “ACR”

4.6.1 *Análisis de los 5 porqués*

En todo mantenimiento autónomo es necesario que el operador pueda analizar las fallas que se producen en su equipo. Para poder proveer de herramientas de análisis de fallas, se capacitó a los operadores y supervisores sobre la técnica de los 5 porqués.

4.6.2 *Procedimiento para implementar proyectos de mejora*

Parte del mantenimiento autónomo es empoderar a los operadores en el emprendimiento de sugerir y desarrollar proyectos de mejora, en ese sentido se desarrolló un procedimiento para que el operador fácilmente analice un posible proyecto de mejora y lo desarrolle con el apoyo de la supervisión.

Se considera los siguientes pasos:

1. Encontrar la oportunidad de mejora.
2. Toma nota de las condiciones iniciales.
3. Analiza e Investiga posibles soluciones.
4. Desarrollo de la mejora.
5. Control/Verificación de la mejora esperada.

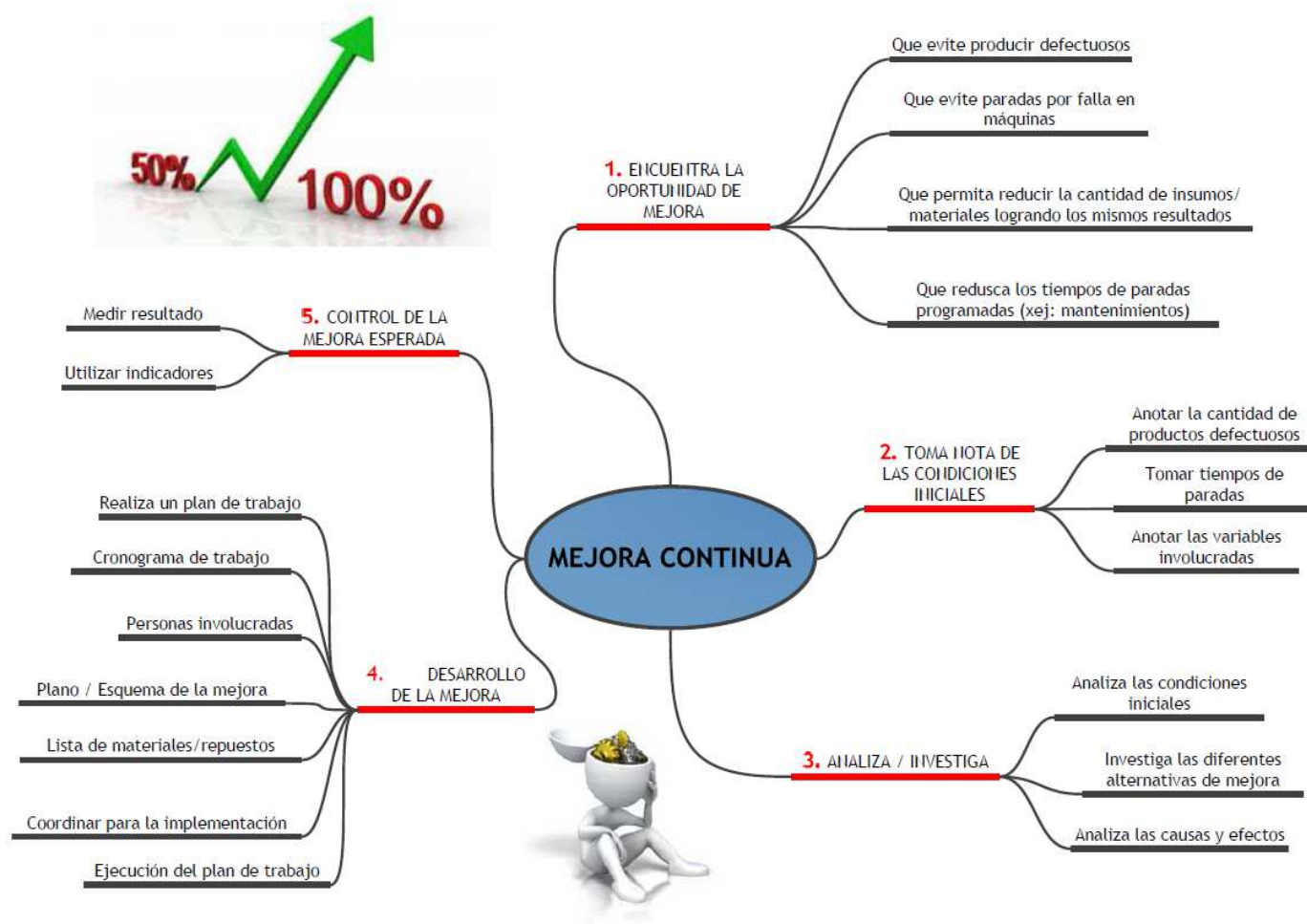


FIGURA 23. *PROCEDIMIENTO PARA IMPLEMENTAR PROYECTOS DE MEJORA EN UN PROCESO DE MANUFACTURA*

Fuente: Elaboración propia

4.7 ELABORACIÓN DE FORMATO DE REGISTRO DE PRODUCCIÓN, CALIDAD Y MANTENIMIENTO

El registro de producción se desarrolló inicialmente en una hoja Excel y posteriormente se implementó un aplicativo para ingresar los valores de manera digital dentro del programa para PC.

REGISTRO DE PRODUCCIÓN FORMADO			
			
REGISTRO DE INGRESO			
Fecha:	(automático)	Operador Mezcladora:	Juan Perez
Turno:	Noche	Operador Extrusora:	
Inicio Turno:	(automático)	Operador Automatismo:	
Fin de Turno:	(automático)	Volante:	
Planta:	Planta 2	Supervisor:	

FIGURA 24. CABECERA PARA EL REGISTRO INICIAL DE DATOS DE UN TURNO DE PRODUCCIÓN

Fuente: Elaboración propia

En el registro de producción deben ir los principales datos del turno, es decir:

- Fecha
- Horario del turno
- Nombre de los operadores responsables, así como el supervisor de producción

CONTROL DE DESEMPEÑO					
1er lote	Tipo de ladrillo:	HUECO 12 PL1	Hora inicio:	(dd/mm/aaaa hh:mm)	Peso min (kg)
	Molde Nro:	(rellenar)	Hora final:	(dd/mm/aaaa hh:mm)	(ee.dd)
	Tipo de producción:	Normal	Cant. por vagón:	(automático)	Peso max (kg)
	Nro de Lote:	(rellenar)	Cant. de vagones:	(rellenar)	(ee.dd)
2do lote	Tipo de ladrillo:		Hora inicio:		Peso min (kg)
	Molde Nro:		Hora final:		
	Tipo de producción:		Cant. por vagón:		Peso max (kg)
	Nro de Lote:		Cant. de vagones:		
3er lote	Tipo de ladrillo:		Hora inicio:		Peso min (kg)
	Molde Nro:		Hora final:		
	Tipo de producción:		Cant. por vagón:		Peso max (kg)
	Nro de Lote:		Cant. de vagones:		

FIGURA 25. REGISTRO PARA EL CONTROL DE DESEMPEÑO

Fuente: Elaboración propia

Para el control de desempeño se debe especificar el tipo de ladrillo (producto específico) para poder vincular las variables asociadas a este, como por ejemplo el tiempo del ciclo teórico. Es necesario también indicar el tiempo de fabricación y cantidad de ladrillos fabricados dentro de cada lote para poder calcular por separado el desempeño. Al final se hubiera más de 1 lote, entonces se calcula el desempeño por separado y al final se da un valor por turno (promedio).

CONTROL DE CALIDAD									
1 L	Peso merma extrusora:	(rellenar)	TN	Merma ladrillos	(rellenar)	Unid	Ladrillos faltantes	(rellenar)	Unid
2 L	Peso merma extrusora:		TN	Merma ladrillos		Unid	Ladrillos faltantes		Unid
3 L	Peso merma extrusora:		TN	Merma ladrillos		Unid	Ladrillos faltantes		Unid

FIGURA 26. REGISTRO PARA EL CONTROL DE CALIDAD

Fuente: Elaboración propia

Para encontrar la “Calidad”, debemos primero determinar los productos defectuosos y así en una resta de todo lo producido menos los defectuosos podremos encontrar los productos buenos y también su porcentaje. En nuestro

proceso tenemos merma extrusora (masa en extrusado perdido), merma de ladrillos (ladrillos defectuosos en proceso) y también ladrillos faltantes (perdida de ladrillos en los carros que se dirigen al secador). Es necesario mencionar que la masa perdida dentro del proceso debemos convertirla en unidades de producto, esto lo podemos realizar dividiendo la masa perdida por turno entre el peso del ladrillo que se está fabricando (según especificaciones).

CONTROL DE DISPONIBILIDAD					
Hora inicio	Tiempo de parada (min)	Código de parada	Detalle de parada	Origen de la parada	Acción correctiva
(hh:mm)	(hh:mm)	1010	(automático)	PP-Otros	(rellenar)

FIGURA 27. REGISTRO PARA EL CONTROL DE MANTENIMIENTO

Fuente: Elaboración propia

Para determinar la disponibilidad, debemos filtrar las paradas no programadas (PNP), paradas programadas (PP) y tiempo no planificado (capacidad no vendida, CNV).

Es necesario decir que esta información registrada por turno nos servirá también para el control del mantenimiento, ya que es una base de datos que nos permitirá identificar las fallas más recurrentes y así poder solucionarlas a la brevedad. Lo ideal es hacer una evaluación diaria y también semanal. Dicho análisis le compete al supervisor de producción y de mantenimiento. Una herramienta que se puede utilizar para este análisis es una hoja de datos como Excel.

4.8 ELABORACIÓN DE INDICADOR EFECTIVIDAD GLOBAL DEL EQUIPO “OEE”

Para la elaboración del indicador OEE, se analizó el proceso de manufactura, se vio que el proceso es discreto (números enteros de ladrillos) pero el tiempo del ciclo teórico lo miden de manera continua (TN/hr). Por este motivo el cálculo del indicador de calidad y desempeño se realiza en base a toneladas (TN) y toneladas entre hora (TN/hr) respectivamente. En cuanto al indicador de disponibilidad se basa en tiempo con unidad de medida horas (hr).

Las fórmulas usadas las podemos encontrar en el acápite (2.4)

Cálculo de disponibilidad

D4 $\times$ $\checkmark$ f_x $= (A4 - B4 - C4) / (A4 - B4) * 100$

	A	B	C	D
1	Tiempo planeado	Tiempo de PP	Tiempo de PNP	Disponibilidad
2	(min)	(min)	(min)	TURNO
3				(%)
4	395	45	45	87.1

FIGURA 28. *CALCULO DE LA DISPONIBILIDAD*

Fuente: Elaboración propia

PP: parada programada

PNP: parada no programada

La base de cálculo es no considerando la PP, es decir que el indicador estará atenuado al no considerar la PP, el incluirlo o no incluirlo es según la estrategia en la gestión del mantenimiento.

Cálculo de desempeño

F4 $\times$ $\checkmark$ f_x $= (B4 / ((C4 - D4 - E4) / 60)) / A4 * 100$

	A	B	C	D	E	F
1	Ciclo ideal	Cantidad producida	Tiempo planeado	Tiempo de PP	Tiempo de PNP	Desempeño
2	(TN/hrs)	(TN)	(min)	(min)	(min)	TURNO
3						(%)
4	50	254.00	395	45	45	99.9

FIGURA 29. *CÁLCULO DEL DESEMPEÑO*

Fuente: Elaboración propia

Estamos considerando un ciclo teórico en base a TN/hrs que puede convertirse en #ladrillos/hrs dividiendo el tonelaje entre el peso promedio de ladrillo (proceso discreto). En nuestra aplicación los tonelajes nos permiten reducir el margen de error.

Cálculo de calidad

E4 $\times$ $\checkmark$ f_x $= (A4 - B4 - (C4 * D4 / 1000)) / A4 * 100$

	A	B	C	D	E
1	Cantidad	Merma		Peso ladrillo	Calidad TURNO
2					
3	(TN)	(TN)	(unid)	(kg)	(%)
4	254.32	2.57	74.00	4.25	98.9

FIGURA 30. *CÁLCULO DE LA CALIDAD*

Fuente: Elaboración propia

Para calcular la calidad también usamos como unidad tonelada y el peso promedio de ladrillo, este peso lo obtenemos de los controles de calidad que se realizan dentro del proceso de manufactura.

Cálculo del OEE del TURNO

D4 $\times$ $\checkmark$ f_x $= A4 / 100 * B4 / 100 * C4 / 100 * 100$

	A	B	C	D
1	Disponibilidad	Desempeño	Calidad	OEE
2	TURNO	TURNO	TURNO	TURNO
3	(%)	(%)	(%)	(%)
4	87.14	99.93	98.87	86.1

El OEE del turno se obtiene multiplicando los 3 indicadores obtenidos anteriormente, disponibilidad, desempeño y calidad. Es necesario que los indicadores previos estén en decimales y finalmente el resultado lo convertimos a porcentaje. Para obtener el OEE diario se obtendrá de la misma manera, efectuando una multiplicación de los OEE por turno. Finalmente, para obtener el OEE del mes se deberá multiplicar los OEE diarios obtenidos previamente.

4.9 PRUEBA DE VALIDACIÓN

Se realizó el seguimiento del cumplimiento de los procedimientos establecidos, desde febrero hasta abril del 2018.

TABLA 16. *CUMPLIMIENTO DE LOS PROGRAMAS DE CALIBRACIÓN, INSPECCIÓN, LIMPIEZA Y LUBRICACIÓN, EN PORCENTAJE (%)*

	FEBRERO	MARZO	ABRIL
Cumplimiento del programa de calibración	20	50	75
Cumplimiento del programa de inspección	25	50	65
Cumplimiento del programa de limpieza	25	50	65
Cumplimiento del programa de lubricación	80	85	90

Fuente: Elaboración propia

Podemos observar que el uso de los formatos es progresivo en el tiempo ya que toda mejora en los procesos de gestión, específicamente dentro de la gestión del mantenimiento autónomo, implica un cambio paulatino en las rutinas del operador. Es necesario capacitar a los operadores sobre el uso de los formatos, actividades necesarias a realizar y también los beneficios que lograremos individualmente, como equipo y finalmente a la compañía.

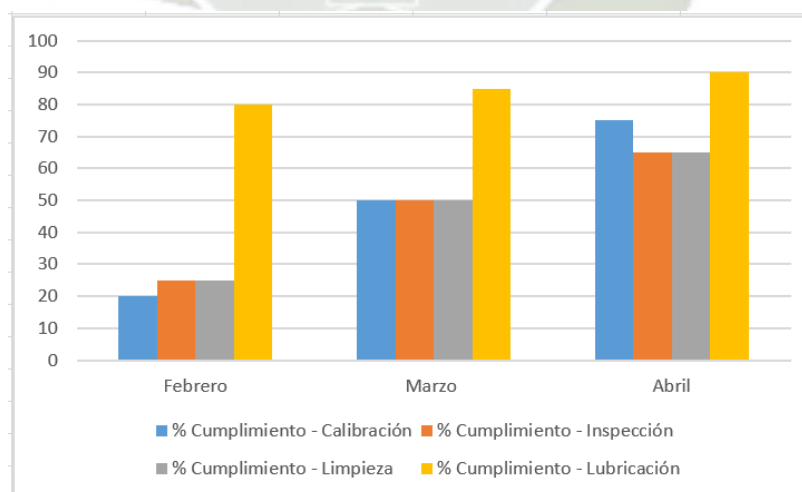


FIGURA 31. *CUMPLIMIENTO DE PROGRAMAS CALIBRACIÓN, INSPECCIÓN, LIMPIEZA Y LUBRICACIÓN, ENTRE FEB. A ABR. DEL 2018*

Fuente: Elaboración propia

También se realizó el seguimiento del indicador OEE desde febrero hasta abril del 2018.

TABLA 17. DATOS DEL OEE (FEBRERO-18 A ABRIL-2018)

Día	OEE-día (%)	Día	OEE-día (%)	Día	OEE-día (%)
1-feb	51.3	1-mar	60.7	1-abr	60.6
2-feb	52.0	2-mar	59.3	2-abr	61.2
3-feb	52.9	3-mar	58.2	3-abr	61.0
4-feb	52.2	4-mar	62.1	4-abr	64.9
5-feb	47.0	5-mar	60.7	5-abr	68.0
6-feb	52.0	6-mar	58.3	6-abr	69.7
7-feb	48.1	7-mar	59.6	7-abr	68.7
8-feb	52.3	8-mar	61.4	8-abr	69.9
9-feb	49.7	9-mar	62.1	9-abr	69.9
10-feb	40.8	10-mar	40.3	10-abr	67.1
11-feb	51.6	11-mar	59.9	11-abr	71.3
12-feb	52.3	12-mar	59.3	12-abr	63.6
13-feb	54.8	13-mar	58.2	13-abr	70.3
14-feb	54.8	14-mar	61.0	14-abr	65.7
15-feb	54.6	15-mar	65.0	15-abr	69.9
16-feb	57.4	16-mar	61.4	16-abr	68.3
17-feb	53.9	17-mar	57.8	17-abr	64.3
18-feb	57.1	18-mar	60.3	18-abr	64.2
19-feb	56.8	19-mar	57.5	19-abr	65.8
20-feb	48.3	20-mar	41.2	20-abr	67.9
21-feb	64.0	21-mar	60.7	21-abr	70.5
22-feb	63.2	22-mar	57.8	22-abr	71.3
23-feb	61.0	23-mar	58.9	23-abr	71.6
24-feb	57.4	24-mar	61.7	24-abr	62.4
25-feb	57.4	25-mar	63.6	25-abr	65.4
26-feb	62.9	26-mar	64.7	26-abr	64.7
27-feb	62.1	27-mar	66.9	27-abr	67.2
28-feb	62.1	28-mar	62.5	28-abr	72.9
Febrero	54.6	29-mar	61.8	29-abr	73.7
		30-mar	59.5	30-abr	76.1
		31-mar	67.0	Abril	67.59
		Marzo	59.7		

Fuente: Elaboración propia

TABLA 18. INDICADOR OEE DE FEBRERO A MARZO DEL 2018

Mes	OEE (%)
Febrero	54.6
Marzo	59.7
Abril	67.6

Fuente: Elaboración propia

Podemos observar que al aplicar el mantenimiento autónomo nos ha ayudado a mejorar la productividad del proceso de manufactura de ladrillos. Es necesario verificar el indicador de manera diaria, semanal y también mensual.

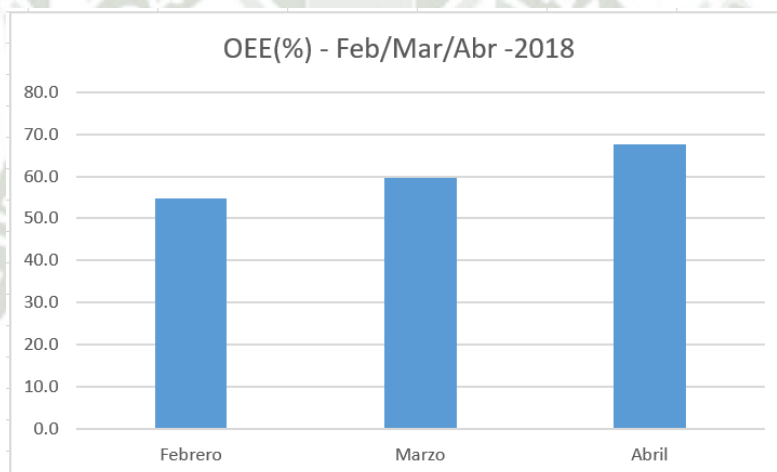


FIGURA 32. INDICADOR OEE DE FEBRERO A ABRIL DEL 2018

Fuente: Elaboración propia

NOTA: Debemos decir que los valores mostrados son referenciales debido a la confidencialidad que se tubo al desarrollar la tesis.

4.10 CAPACITACIÓN

Para iniciar el proceso de implementación, se dio 2 capacitaciones, una para operadores y otra para supervisores.

Los contenidos de las capacitaciones fueron:

- Mostrar la situación actual de producción a nivel producción.
- Propuesta: Implementar el mantenimiento autónomo.
- ¿Qué es el mantenimiento autónomo?
- Ventajas del mantenimiento autónomo.
- Importancia del mantenimiento autónomo.
- Presentación de los formatos a utilizar: Programa de limpieza e inspección, lubricación, mapa de seguridad y estándar de trabajo.
- Metodología 5 porqués.
- Metodología de proyectos de mejora.
- Recolección de datos en planta para la obtención del indicador OEE.

(Ver anexo 2)

4.11 TENDENCIA ACTUAL EN MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

Durante la pandemia pudimos experimentar que el trabajo remoto podía ser una alternativa frente al trabajo presencial, es así que nace una investigación publicada en la revista I+i Investigación aplicada e innovación (Otiniano, 2020) para determinar los elementos que constituiría una aplicación IIoT (Internet Industrial de las Cosas) para una operación remota y diagnóstico de un motor trifásico.

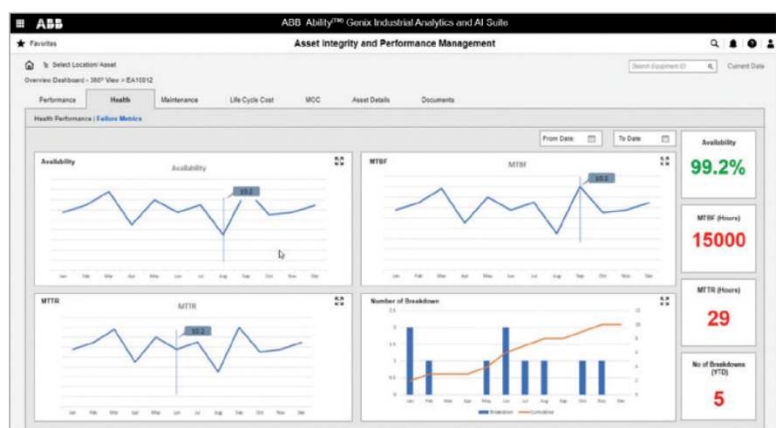
Es posible usar plataformas más sencillas que un APM (Asset Performance Management – APM) constituidas por un controlador industrial (PLC) que junto a un variador de frecuencia controlan al motor trifásico, estos equipos se conectan a un Gateway industrial que sube la información a Google Cloud, el terminal remoto puede ser un dispositivo multimedia con Android. En la experiencia se pudo encender/apagar el motor trifásico y obtener datos como sentido de giro y RPM.

Según la revista ABB Ability (Parimi & Johansson, 2022) el sector manufactura está experimentando un cambio significativo luego de que las economías han sido afectadas por la pandemia ya que la cadena de suministros a nivel mundial tiene problemas en el abastecimiento de productos semielaborados y terminados.

Entonces en el entorno actual de producción, en rápida evolución y digitalizado con regímenes 24/7, es necesario mantener los activos en funcionamiento, evitando paradas imprevistas debido a fallos en los equipos. Es así que una plataforma que realice la Gestión del Rendimiento de Activos (Asset Performance Management – APM) es una alternativa para evitar interrupciones no programadas en los procesos y prolongar al máximo la vida útil de los activos.

Es así que los dueños del proceso y operadores con esta nueva herramienta APM pueden tener una visión completa del activo a partir de su rendimiento, mantenimiento, disponibilidad e integridad, se utilizan en esta plataforma el Internet Industrial de las Cosas (IIoT), la conectividad en la nube, el análisis “Big Data” y los algoritmos de Inteligencia Artificial (IA) que permiten obtener tendencias de datos y realizar actividades automáticamente para aumentar la productividad del proceso. Entonces pasamos de un mantenimiento reactivo y preventivo al mantenimiento predictivo y preceptivo (ejecutado automáticamente por un aviso del APM). También con esta plataforma puedes gestionar ciclos de vida como por ejemplo reducir/aumentar frecuencias de mantenimiento. Al operador le ayuda a cambiar de una estrategia de mantenimiento preventivo a una estrategia de mantenimiento predictivo optimizado.

Una herramienta reciente en estas plataformas APM es la modelización de un gemelo digital que proporciona una réplica del activo físico, sistema o proceso en forma digital, ayudando a predecir una falla/problema, que normalmente permanecen ocultos a los ojos del operador.



video

FIGURA 33. APLICATIVO APM

Fuente: ABB Review

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Primero. Según los datos recolectados podemos decir que, a mayor cumplimiento de los procedimientos y formatos establecidos en el Mantenimiento Autónomo, se asegura que la gestión del mantenimiento ejecutada por el operador se desarrolle con mayor eficiencia. Haciéndose evidente en el incremento del indicador OEE, el cual nos muestra un crecimiento del 13% al tercer mes de implementado el mantenimiento autónomo.
- Segundo. En la presente tesis se describe cómo desarrollar los formatos y procedimientos necesarios para la implementación del Mantenimiento Autónomo, como los formatos de inspección, limpieza y lubricación. Dichos formatos sirven como guía práctica de las actividades diarias más importantes en la operación y manutención de las maquinas. La implementación se desarrolló con el apoyo del área de producción y mantenimiento.
- Tercero. Se utilizó como indicador la Efectividad Global del Equipo (OEE), dicho indicador nos permite analizar y evaluar los resultados de las operaciones en las maquinas, esto se refiere tanto a la operación del equipo como a su mantenimiento. El resultado del análisis debería ser acciones de mejora para incrementar la productividad.
- Cuarto. El Mantenimiento Autónomo es uno de los pilares más importantes en la implementación del TPM debido que el operador puede contribuir en mejorar el desempeño, disponibilidad y calidad en la máquina de manera rápida y efectiva. Por lo tanto, es necesario que el operador sea capacitado en las actividades rutinarias de inspección, limpieza y lubricación de su equipo, así como también en los procedimientos de ajuste necesarios para asegurar la calidad del producto a fabricar.

RECOMENDACIONES

- Primero. El Mantenimiento autónomo es uno de los pilares del Mantenimiento Productivo Total (TPM), se recomienda empezar por este pilar para ir preparando al personal operativo en la larga y compleja implementación del TPM.
- Segundo. Se ha visto que el personal operativo debe ser reconocido y motivado en las propuestas de mejora continua que proponga y desarrolle, para lo cual es necesario que el área de RRHH elabore un programa de incentivos de diversa índole como: monetarios, capacitaciones, etc.
- Tercero. Se recomienda que se defina como capacidad no vendida al tiempo en el cual no se va a producir ya que dicho tiempo no debería estar incluido en el cálculo del OEE y así el indicador será más representativo sobre la productividad del proceso.
- Cuarto. El área de RRHH debe dotar al nivel supervisión de las habilidades blandas necesarias para poder motivar y animar adecuadamente en la labor de guiar a todos los operadores.
- Quinto. El área de RRHH debe considerar dentro del plan de capacitación a nivel supervisión el uso de base de datos como Excel.

GLOSARIO

OEE: Overall Equipment Effectiveness en español Efectividad Total de los Equipos.

TPM: Total Productive Maintenance en español Mantenimiento Productivo Total.

Lean Manufacturing: Manufactura Esbelta (producción sin desperdicios):

La producción Lean es un modelo de gestión que se enfoca en minimizar las pérdidas de los sistemas de manufactura al mismo tiempo que maximiza la creación de valor para el cliente final. Para ello utiliza la mínima cantidad de recursos, es decir, los estrictamente necesarios para el crecimiento.

Empowerment:

El empoderamiento organizacional se refiere a brindar autoridad a los colaboradores para tomar decisiones y actuar sin tener que buscar aprobación, esto significa dejar que la gente use su propia inteligencia, experiencia, intuición y creatividad, hacer que se involucren en las operaciones de la organización, escucharlas y aprovechar sus ideas para ayudar a que la organización mejore y tenga éxito.

REFERENCIAS

- Alles, M. (2017). *Comportamiento organizacional*. Buenos Aires: Ediciones Granica S.A.
- ASQ. (s.f.). *Learn about Quality*. Obtenido de <https://asq.org/quality-resources/lean/five-s-tutorial>
- Bashar, A., Hasin, A., & Jahangir, N. (2022). Linkage between TPM, people management and organizational performance. *Journal of Quality in Maintenance Engineering Vol. 28*, 350-366.
- Duffuaa, S., Raouf, A., & Campbell, J. (2000). *Sistemas de Mantenimiento*.
- Gandhi, D., & Deshpande, V. (Junio de 2018). *INDUSTRIAL ENGINEERING JOURNAL*. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Vivek-Deshpande/publication/326388416_A_REVIEW_OF_TPM_TO_IMPLEMENT_OEE_TECHNIQUE_IN_MANUFACTURING_INDUSTRY/links/5bf664a4299bf1124fe4e731/A-REVIEW-OF-TPM-TO-IMPLEMENT-OEE-TECHNIQUE-IN-MANUFACTURING-INDUSTRY.pdf
- Industries, V. (2014). *OEE Executive Summary*.
- Laserfiche. (2020). *The Process Automation*. Obtenido de https://www.linkedin.com/posts/carlos carrionespilco_the-process-automation-buyers-guide-activity-6839545949971386368-zyvP
- Masaji, T., & Fumio, G. (1999). *Autonomous Maintenance in Seven Steps*. CRC Press.
- Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*.
- Otiniano, C. (2020). Plataforma IIoT para el monitoreo y operación remota aplicado a sistemas de control de movimiento industrial. *I+i Investigación aplicada e innovación (Vol. 14)*, 18-29.
- Parimi, N., & Johansson, C. (2022). Gestión del rendimiento de activos. *ABB Review (Vol 02-2022)*, 50-55.
- Porter, M. E. (1991). *Ventaja Competitiva*. Argentina: Editorial Rei .
- Socconini, L. (2019). *Lean Manufacturing - Paso a Paso*. Barcelona: Marge Books.
- Torres, Y. R. (2022). *Análisis y propuesta de mejora del proceso productivo de fabricación de postes de concreto armado, usando herramientas de manufactura esbelta*. Lima: PUCP.

ANEXOS



	Jefatura del Producción	Mantenimiento de moldes	
PROCEDIMIENTO ESTANDAR DE TRABAJO SEGURO		Doc. No.:	Rev. No.

ÁREA
PROCEDIMIENTO ESTANDAR DE TRABAJO SEGURO
LED-MA-001

CODIGO DE EQUIPO:
EXTRUSORA
MANTENIMIENTO DE MOLDES



REV.	ELABORADO POR			REVISADO POR			APROBADO POR		
N°	Nombre	Firma	Fecha	Nombre	Firma	Fecha	Nombre	Firma	Fecha
	F.Lazo		Ene-2019						

	Jefatura del Producción	Mantenimiento de moldes
PROCEDIMIENTO ESTANDAR DE TRABAJO SEGURO	Doc. No.:	Rev. No.

ÍNDICE

1. PROPOSITO Y APLICACIÓN	3
2. ALCANCE	3
3. PERMISOS ESPECIALES	3
4. CARGOS Y RESPONSABILIDADES	3
5. SIGLAS Y DEFINICIONES	4
6. SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	4
6.1 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP)	4
6.2 ANÁLISIS DE RIESGO OPERACIONAL (ARO)	4
6.3 PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE	5
7. PERSONAL, REPUESTOS, MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS	5
7.1 PERSONAL REQUERIDO	5
7.2 REPUESTOS REQUERIDOS	5
7.3 MATERIALES REQUERIDOS	5
7.4 HERRAMIENTAS REQUERIDAS	5
7.5 EQUIPOS REQUERIDOS	5
8. ACTIVIDADES DEL MANTENIMIENTO MECÁNICO	6
8.1 PREPARACIÓN PARA EL TRABAJO	6
8.2 INSTRUCCIONES DE MANTENIMIENTO	6
A. VERIFICAR DIMENSIONES DE DADOS	6
B. MONTAJE DEL MOLDE	7
8.3 FINALIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO	8
A. INSPECCIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO	8
B. INFORME FINAL	8
9. REGISTROS	8
10. REFERENCIAS	8

	Jefatura del Producción	Mantenimiento de moldes
PROCEDIMIENTO ESTANDAR DE TRABAJO SEGURO	Doc. No.:	Rev. No.

1. PROPOSITO Y APLICACIÓN

Propósito: El propósito de este procedimiento consiste en establecer los pasos necesarios para realizar el Mantenimiento de Moldes de manera segura y eficaz, minimizando costos, evitando incidentes, daños al personal y al medio ambiente.

Aplicación: Este procedimiento de mantenimiento mecánico es aplicable a la Extrusora **Bonfanti EB500** ubicada en la planta 2

La presente actividad debe ser realizada por el operador de producción de la especialidad mecánica con la asistencia de un personal de apoyo

2. ALCANCE

Este procedimiento aplicable al **Cambio de componentes de un molde** instalado en la Extrusora, considera:

- Verificar dimensiones de dados
- Montaje de dados

ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO			
GENERALES		PARTICULARES	
Marca		Numero de parte	Según formato
Modelo	Según formato	Peso de molde	500 Kg
Código de equipo			
Máquina	Extrusora		
Capacidad		Dimensiones	Según formato

3. PERMISOS ESPECIALES

PERMISOS ESPECIALES	OBSERVACIONES
Permiso de trabajo seguro	

4. CARGOS Y RESPONSABILIDADES

CARGOS	RESPONSABILIDAD
Supervisor de Producción	• Facilitar a su personal los recursos necesarios para la ejecución óptima del presente procedimiento. • Elaborar, proponer y optimizar los procedimientos del Mantenimiento Autónomo (MA). • Planificar y programar las actividades del MA. • Supervisar la ejecución de los trabajos de MA.
Operador del Equipo	• Preparar con anticipación los equipos, herramientas y materiales necesarios para el trabajo programado. • Verificar el buen estado de los repuestos a utilizar • Cumplir con el presente procedimiento. • Verificar la presencia de condiciones inseguras en el área de trabajo, controlar tales condiciones. • Aplicar procedimientos de bloqueo y aislamiento a los equipos intervenidos. Verificar in situ. • Utilizar el equipo de protección personal apropiado de forma correcta en todo momento al realizar el trabajo. • Retirar herramientas dañadas previamente etiquetadas e informar al jefe de producción

	Jefatura del Producción	Mantenimiento de moldes
PROCEDIMIENTO ESTANDAR DE TRABAJO SEGURO	Doc. No.:	Rev. No.

CARGOS	RESPONSABILIDAD
	- Mantener el orden y limpieza del área de trabajo durante y después de realizar el trabajo. - Limpiar y almacenar las herramientas correctamente después de usarlas. - Realizar las pruebas respectivas, para dejar el equipo en perfectas condiciones operativas

5. SIGLAS Y DEFINICIONES

ARO: Análisis de riesgo operacional.

HERA: Análisis Seguro de Trabajo.

PETS: Procedimiento estándar de trabajo seguro.

6. SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE

6.1 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP)

EPP BASICO				EPP ADICIONAL	
					
Casco de seguridad	Lentes de seguridad	Zapato de seguridad	Guantes de cuero	Protección auditiva	Mameluco

6.2 ANÁLISIS DE RIESGO OPERACIONAL (ARO)

Efectuar el análisis de riesgo operacional ARO. Los riesgos asociados a esta tarea son los siguientes:

SIMBOLO	DAÑO PRODUCIDO:	DESCRIPCIÓN DEL RIESGO	CONTROL DEL RIESGO
	Aplastamiento	Lesiones graves debido a golpes con cargas suspendidas	Verificar los elementos de izaje, coordinar maniobra y alejarse de la carga suspendida.
	Atrapamiento	Atrapamiento de dedos al montar molde	Coordinar maniobra con operador de puente grúa.
	Mala fuerza.	Herramientas en mal estado, no adecuadas para la tarea.	Uso correcto de las herramientas en buen estado.
	Tropiezos	Tropiezos causados por objetos dejados en el suelo de manera accidental.	Mantener el orden y limpieza del área de trabajo.

	Jefatura del Producción	Mantenimiento de moldes
PROCEDIMIENTO ESTANDAR DE TRABAJO SEGURO	Doc. No.:	Rev. No.

6.3 PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

COLOR	TIPO DE RESIDUO	CLASIFICACION	MANEJO	LUGAR DE DISPOSICIÓN
	Trapos, bloques o tablas de madera con grasa/aceite	Residuo sólido peligroso.	En contenedores de 200 L.	
	Fierros, pernos, tuercas usadas	Residuo industrial de salvataje.	Reducir y depositarlos en contenedores de 10 m³ y/o más capacidad.	

7. PERSONAL, REPUESTOS, MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

7.1 PERSONAL REQUERIDO

CANTIDAD	ESPECIALIDAD
01	Operador de grúa.
02	Operador

7.2 REPUESTOS REQUERIDOS

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDADES	COD. REPUESTO1
1	Dados Hexagonales			
1	Dados Ovalados			

7.3 MATERIALES REQUERIDOS

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDADES	COD. ALMACEN
1	Trapo Industrial sin fibras	250	Gramos	

7.4 HERRAMIENTAS REQUERIDAS

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDADES
1	Set de Herramientas – Mecánico.	01	Ref. Set Básico Mecánico
2	Escobilla de acero	01	
3	Laves mixtas (según formato de molde)		
4	Martillo de goma	01	
5	Palancas/Barras de Bronces	02	
6	Martillo bola	01	
7	Destornilladores planos	02	
8	Calibrador	01	
9	Wincha	01	
10			

7.5 EQUIPOS REQUERIDOS

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDADES	COD. REPUESTO
1	Puente Grúa 1 Tn.	1		

	Jefatura del Producción	Mantenimiento de moldes
PROCEDIMIENTO ESTANDAR DE TRABAJO SEGURO	Doc. No.:	Rev. No.

8. ACTIVIDADES DEL MANTENIMIENTO MECÁNICO

8.1 PREPARACIÓN PARA EL TRABAJO

INSTRUCCIONES PREVIAS AL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO	
1	Reunión de coordinación con Supervisor de Producción para la distribución de tareas y responsabilidades.
2	Realizar el Análisis de Riesgo Operacional (ARO)
3	Ubicar el equipo y componente en el campo. Tener en cuenta las señales de advertencia.
4	Verificar iluminación óptima para desarrollar las actividades de mantenimiento, en caso contrario acondicionar luminarias o reflectores para evitar la fatiga visual.

8.2 INSTRUCCIONES DE MANTENIMIENTO

A. VERIFICAR DIMENSIONES DE DADOS	
1	Según el formato a producir se determina los dados a usar, pudiendo ser hexagonales u ovalados
2	En cada dado se verifica sus dimensiones. Los dados deben poseer las mismas medidas, salvo el de los extremos (son de menor medida)
3	Dado oval: Se mide diámetro y longitud entre caras paralelas
4	Dado hexagonal: Se mide longitud entre caras paralelas



	Jefatura del Producción	Mantenimiento de moldes
PROCEDIMIENTO ESTANDAR DE TRABAJO SEGURO	Doc. No.:	Rev. No.

B. MONTAJE DEL MOLDE	
1	Cada dado va sujeta a una varilla, según formato de molde
2	Cada dado va montado de la siguiente manera: Dado - Arandela plana - Arandela de presión - Tuerca hexagonal
3	Es necesario considerar la simetría en la ubicación de los dados, tanto en el eje x como en el eje Y



	Jefatura del Producción	Mantenimiento de moldes
PROCEDIMIENTO ESTANDAR DE TRABAJO SEGURO	Doc. No.:	Rev. No.

8.3 FINALIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO

A. INSPECCIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO	
1	Mantener el exterior y partes aledañas del equipo en buen estado de limpieza para permitir una mejor inspección, mejor funcionamiento y evitar daños al equipo.
2	Limpiar el área de trabajo, eliminar los restos de materiales utilizados durante el mantenimiento, disponiendo todos los desechos inservibles en los respectivos depósitos.
3	Trasladar los desechos y depositarlos de acuerdo a la normativa de la empresa

B. INFORME FINAL	
1	Realizar un informe detallado de las actividades realizadas
2	Incluir las horas, personal, herramientas, equipos y materiales.

9. REGISTROS

REGISTRO	
1	Llenar las hojas de registro asociadas a la actividad para llevar historia del equipo.

10. REFERENCIAS

A. DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA Y/O CONSULTA	
1	Manual del fabricante del equipo.
2	Otros.

PLAN DE CAPACITACIÓN

NOMBRE DEL CURSO	Implementación del Mantenimiento Autónomo	
AREA DE CAPACITACION	Producción y Mantenimiento	
DIRIGIDO A	Operadores, personal técnico y supervisores	
NIVEL	Básico	
Descripción General del Curso		Duración
El curso de implementación del Mantenimiento Autónomo está orientado a conocer los principios y conceptos básicos de su implementación. Adquiriendo las habilidades y destrezas que necesitaría todo operador para realizar el mantenimiento básico en la máquina asignada		10 hrs
Competencias		Expositor
Al finalizar el curso, el participante estará en condiciones de: - Conocer los principios básicos en el Mantenimiento Autónomo - Identificar los procedimientos de mantenimiento que realizará el operador - Leer e interpretar los procedimientos estandares que deberá realizar el operador		Fernando Lazo Chávez
Contenidos		Medios Didácticos
1 Introducción a. Situación actual b. Propuesta de mejora en la gestion del mantenimiento 2 Conceptos fundamentales del Mantenimiento Autónomo a. Ventajas b. Casos reales donde se aplica el mantenimiento autónomo c. Importancia del Mantenimiento Autónomo 3 Pasos iniciales del Mantenimiento Autónomo a. Limpieza inicial b. Proponga medidas que señale las causas y efectos de la basura y el polvo c. Estándares de limpieza y lubricación d. Inspección general e. Inspección autónoma f. Organización y ordenamiento g. Cinco medidas para cero paros 4 Procedimientos estandar a. Limpieza e inspección b. Lubricación c. Mapa de seguridad 5 Mejora continua a. Herramientas para la mejora continua 6 Indicador OEE a. Toma de información en planta b. Cálculo del indicador		Proyector Multimedia Texto guía Formatos a usar en planta Dispositivo multimedia (celular o tablet)
		Metodología
		Exposición presencial Participación activa del participante Evaluaciones con herramientas TIC's
		Formas de evaluar los logros
Pre - requisitos		Número de Participantes
1 Saber operar un equipo en planta 2 Antigüedad no menor a 6 meses en el equipo asignado		20 Participantes
Elaborado Por	Ing.Fernando Lazo Chávez	
Aprobado por		
Fecha de Elaboración	1/02/2019	

	Jefatura del Producción	Mantenimiento de moldes	
PROCEDIMIENTO ESTANDAR DE TRABAJO SEGURO		Doc. No.:	Rev. No.

ÁREA
PROCEDIMIENTO ESTANDAR DE TRABAJO SEGURO
LED-MA-001

CODIGO DE EQUIPO:
EXTRUSORA
MANTENIMIENTO DE MOLDES



REV.	ELABORADO POR			REVISADO POR			APROBADO POR		
N°	Nombre	Firma	Fecha	Nombre	Firma	Fecha	Nombre	Firma	Fecha
	F.Lazo		Ene-2019						

	Jefatura del Producción	Mantenimiento de moldes
PROCEDIMIENTO ESTANDAR DE TRABAJO SEGURO	Doc. No.:	Rev. No.

ÍNDICE

1. PROPOSITO Y APLICACIÓN	3
2. ALCANCE	3
3. PERMISOS ESPECIALES	3
4. CARGOS Y RESPONSABILIDADES	3
5. SIGLAS Y DEFINICIONES	4
6. SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	4
6.1 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP)	4
6.2 ANÁLISIS DE RIESGO OPERACIONAL (ARO)	4
6.3 PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE	5
7. PERSONAL, REPUESTOS, MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS	5
7.1 PERSONAL REQUERIDO	5
7.2 REPUESTOS REQUERIDOS	5
7.3 MATERIALES REQUERIDOS	5
7.4 HERRAMIENTAS REQUERIDAS	5
7.5 EQUIPOS REQUERIDOS	5
8. ACTIVIDADES DEL MANTENIMIENTO MECÁNICO	6
8.1 PREPARACIÓN PARA EL TRABAJO	6
8.2 INSTRUCCIONES DE MANTENIMIENTO	6
A. VERIFICAR DIMENSIONES DE DADOS	6
B. MONTAJE DEL MOLDE	7
8.3 FINALIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO	8
A. INSPECCIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO	8
B. INFORME FINAL	8
9. REGISTROS	8
10. REFERENCIAS	8

	Jefatura del Producción	Mantenimiento de moldes
PROCEDIMIENTO ESTANDAR DE TRABAJO SEGURO	Doc. No.:	Rev. No.

1. PROPOSITO Y APLICACIÓN

Propósito: El propósito de este procedimiento consiste en establecer los pasos necesarios para realizar el Mantenimiento de Moldes de manera segura y eficaz, minimizando costos, evitando incidentes, daños al personal y al medio ambiente.

Aplicación: Este procedimiento de mantenimiento mecánico es aplicable a la Extrusora **Bonfanti EB500** ubicada en la planta 2

La presente actividad debe ser realizada por el operador de producción de la especialidad mecánica con la asistencia de un personal de apoyo

2. ALCANCE

Este procedimiento aplicable al **Cambio de componentes de un molde** instalado en la Extrusora, considera:

- Verificar dimensiones de dados
- Montaje de dados

ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO			
GENERALES		PARTICULARES	
Marca		Numero de parte	Según formato
Modelo	Según formato	Peso de molde	500 Kg
Código de equipo			
Máquina	Extrusora		
Capacidad		Dimensiones	Según formato

3. PERMISOS ESPECIALES

PERMISOS ESPECIALES	OBSERVACIONES
Permiso de trabajo seguro	

4. CARGOS Y RESPONSABILIDADES

CARGOS	RESPONSABILIDAD
Supervisor de Producción	• Facilitar a su personal los recursos necesarios para la ejecución óptima del presente procedimiento. • Elaborar, proponer y optimizar los procedimientos del Mantenimiento Autónomo (MA). • Planificar y programar las actividades del MA. • Supervisar la ejecución de los trabajos de MA.
Operador del Equipo	• Preparar con anticipación los equipos, herramientas y materiales necesarios para el trabajo programado. • Verificar el buen estado de los repuestos a utilizar • Cumplir con el presente procedimiento. • Verificar la presencia de condiciones inseguras en el área de trabajo, controlar tales condiciones. • Aplicar procedimientos de bloqueo y aislamiento a los equipos intervenidos. Verificar in situ. • Utilizar el equipo de protección personal apropiado de forma correcta en todo momento al realizar el trabajo. • Retirar herramientas dañadas previamente etiquetadas e informar al jefe de producción

	Jefatura del Producción	Mantenimiento de moldes
PROCEDIMIENTO ESTANDAR DE TRABAJO SEGURO	Doc. No.:	Rev. No.

CARGOS	RESPONSABILIDAD
	- Mantener el orden y limpieza del área de trabajo durante y después de realizar el trabajo. - Limpiar y almacenar las herramientas correctamente después de usarlas. - Realizar las pruebas respectivas, para dejar el equipo en perfectas condiciones operativas

5. SIGLAS Y DEFINICIONES

ARO: Análisis de riesgo operacional.

HERA: Análisis Seguro de Trabajo.

PETS: Procedimiento estándar de trabajo seguro.

6. SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE

6.1 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP)

EPP BASICO				EPP ADICIONAL	
					
Casco de seguridad	Lentes de seguridad	Zapato de seguridad	Guantes de cuero	Protección auditiva	Mameluco

6.2 ANÁLISIS DE RIESGO OPERACIONAL (ARO)

Efectuar el análisis de riesgo operacional ARO. Los riesgos asociados a esta tarea son los siguientes:

SIMBOLO	DAÑO PRODUCIDO:	DESCRIPCIÓN DEL RIESGO	CONTROL DEL RIESGO
	Aplastamiento	Lesiones graves debido a golpes con cargas suspendidas	Verificar los elementos de izaje, coordinar maniobra y alejarse de la carga suspendida.
	Atrapamiento	Atrapamiento de dedos al montar molde	Coordinar maniobra con operador de puente grúa.
	Mala fuerza.	Herramientas en mal estado, no adecuadas para la tarea.	Uso correcto de las herramientas en buen estado.
	Tropiezos	Tropiezos causados por objetos dejados en el suelo de manera accidental.	Mantener el orden y limpieza del área de trabajo.

	Jefatura del Producción	Mantenimiento de moldes
PROCEDIMIENTO ESTANDAR DE TRABAJO SEGURO	Doc. No.:	Rev. No.

6.3 PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

COLOR	TIPO DE RESIDUO	CLASIFICACION	MANEJO	LUGAR DE DISPOSICIÓN
	Trapos, bloques o tablas de madera con grasa/aceite	Residuo sólido peligroso.	En contenedores de 200 L.	
	Fierros, pernos, tuercas usadas	Residuo industrial de salvataje.	Reducir y depositarlos en contenedores de 10 m³ y/o más capacidad.	

7. PERSONAL, REPUESTOS, MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

7.1 PERSONAL REQUERIDO

CANTIDAD	ESPECIALIDAD
01	Operador de grúa.
02	Operador

7.2 REPUESTOS REQUERIDOS

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDADES	COD. REPUESTO1
1	Dados Hexagonales			
1	Dados Ovalados			

7.3 MATERIALES REQUERIDOS

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDADES	COD. ALMACEN
1	Trapo Industrial sin fibras	250	Gramos	

7.4 HERRAMIENTAS REQUERIDAS

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDADES
1	Set de Herramientas – Mecánico.	01	Ref. Set Básico Mecánico
2	Escobilla de acero	01	
3	Laves mixtas (según formato de molde)		
4	Martillo de goma	01	
5	Palancas/Barras de Bronces	02	
6	Martillo bola	01	
7	Destornilladores planos	02	
8	Calibrador	01	
9	Wincha	01	
10			

7.5 EQUIPOS REQUERIDOS

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDADES	COD. REPUESTO
1	Puente Grúa 1 Tn.	1		

	Jefatura del Producción	Mantenimiento de moldes
PROCEDIMIENTO ESTANDAR DE TRABAJO SEGURO	Doc. No.:	Rev. No.

8. ACTIVIDADES DEL MANTENIMIENTO MECÁNICO

8.1 PREPARACIÓN PARA EL TRABAJO

INSTRUCCIONES PREVIAS AL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO	
1	Reunión de coordinación con Supervisor de Producción para la distribución de tareas y responsabilidades.
2	Realizar el Análisis de Riesgo Operacional (ARO)
3	Ubicar el equipo y componente en el campo. Tener en cuenta las señales de advertencia.
4	Verificar iluminación óptima para desarrollar las actividades de mantenimiento, en caso contrario acondicionar luminarias o reflectores para evitar la fatiga visual.

8.2 INSTRUCCIONES DE MANTENIMIENTO

A. VERIFICAR DIMENSIONES DE DADOS	
1	Según el formato a producir se determina los dados a usar, pudiendo ser hexagonales u ovalados
2	En cada dado se verifica sus dimensiones. Los dados deben poseer las mismas medidas, salvo el de los extremos (son de menor medida)
3	Dado oval: Se mide diámetro y longitud entre caras paralelas
4	Dado hexagonal: Se mide longitud entre caras paralelas



	Jefatura del Producción	Mantenimiento de moldes
PROCEDIMIENTO ESTANDAR DE TRABAJO SEGURO	Doc. No.:	Rev. No.

B. MONTAJE DEL MOLDE	
1	Cada dado va sujeta a una varilla, según formato de molde
2	Cada dado va montado de la siguiente manera: Dado - Arandela plana - Arandela de presión - Tuerca hexagonal
3	Es necesario considerar la simetría en la ubicación de los dados, tanto en el eje x como en el eje Y

	Jefatura del Producción	Mantenimiento de moldes
PROCEDIMIENTO ESTANDAR DE TRABAJO SEGURO	Doc. No.:	Rev. No.

8.3 FINALIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO

A. INSPECCIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO	
1	Mantener el exterior y partes aledañas del equipo en buen estado de limpieza para permitir una mejor inspección, mejor funcionamiento y evitar daños al equipo.
2	Limpiar el área de trabajo, eliminar los restos de materiales utilizados durante el mantenimiento, disponiendo todos los desechos inservibles en los respectivos depósitos.
3	Trasladar los desechos y depositarlos de acuerdo a la normativa de la empresa

B. INFORME FINAL	
1	Realizar un informe detallado de las actividades realizadas
2	Incluir las horas, personal, herramientas, equipos y materiales.

9. REGISTROS

REGISTRO	
1	Llenar las hojas de registro asociadas a la actividad para llevar historia del equipo.

10. REFERENCIAS

A. DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA Y/O CONSULTA	
1	Manual del fabricante del equipo.
2	Otros.

PLAN DE CAPACITACIÓN

NOMBRE DEL CURSO	Implementación del Mantenimiento Autónomo	
AREA DE CAPACITACION	Producción y Mantenimiento	
DIRIGIDO A	Operadores, personal técnico y supervisores	
NIVEL	Básico	
Descripción General del Curso		Duración
El curso de implementación del Mantenimiento Autónomo está orientado a conocer los principios y conceptos básicos de su implementación. Adquiriendo las habilidades y destrezas que necesitaría todo operador para realizar el mantenimiento básico en la máquina asignada		10 hrs
Competencias		Expositor
Al finalizar el curso, el participante estará en condiciones de: - Conocer los principios básicos en el Mantenimiento Autónomo - Identificar los procedimientos de mantenimiento que realizará el operador - Leer e interpretar los procedimientos estandares que deberá realizar el operador		Fernando Lazo Chávez
Contenidos		Medios Didácticos
1 Introducción a. Situación actual b. Propuesta de mejora en la gestion del mantenimiento 2 Conceptos fundamentales del Mantenimiento Autónomo a. Ventajas b. Casos reales donde se aplica el mantenimiento autónomo c. Importancia del Mantenimiento Autónomo 3 Pasos iniciales del Mantenimiento Autónomo a. Limpieza inicial b. Proponga medidas que señale las causas y efectos de la basura y el polvo c. Estándares de limpieza y lubricación d. Inspección general e. Inspección autónoma f. Organización y ordenamiento g. Cinco medidas para cero paros 4 Procedimientos estandar a. Limpieza e inspección b. Lubricación c. Mapa de seguridad 5 Mejora continua a. Herramientas para la mejora continua 6 Indicador OEE a. Toma de información en planta b. Cálculo del indicador		Proyector Multimedia Texto guía Formatos a usar en planta Dispositivo multimedia (celular o tablet)
		Metodología
		Exposición presencial Participación activa del participante Evaluaciones con herramientas TIC's
		Formas de evaluar los logros
Pre - requisitos		Número de Participantes
1 Saber operar un equipo en planta 2 Antigüedad no menor a 6 meses en el equipo asignado		20 Participantes
Elaborado Por	Ing.Fernando Lazo Chávez	
Aprobado por		
Fecha de Elaboración	1/02/2019	

"DESARROLLO DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO PARA REDUCIR LAS PARADAS NO PROGRAMADAS EN UN PROCESO DE MANUFACTURA DE LADRILLOS"

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

14%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

vsip.info

Fuente de Internet

5%

2

es.scribd.com

Fuente de Internet

4%

3

repositorio.unac.edu.pe

Fuente de Internet

2%

4

vbook.pub

Fuente de Internet

2%

5

html.rincondelvago.com

Fuente de Internet

1%

6

docplayer.es

Fuente de Internet

1%

7

Submitted to Tecsup

Trabajo del estudiante

1%

8

www.monografias.com

Fuente de Internet

1%

9

tesis.pucp.edu.pe

Fuente de Internet

1 %

10

core.ac.uk

Fuente de Internet

1 %

11

kupdf.net

Fuente de Internet

1 %

12

myslide.es

Fuente de Internet

1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Apagado