

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	F-AC-DBL-007	08-07-2021	B
Dependencia	Aprobado	Pág.		
DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	SUBDIRECTOR ACADEMICO	1(1)		

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	Yohan Smith Fuentes Barbosa		
FACULTAD	Ingenierías		
PLAN DE ESTUDIOS	Ingeniería Mecánica		
DIRECTOR	Edwin Edgardo Espinel Blanco		
TÍTULO DE LA TESIS	Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo Centrado en Productividad (TPM) para Moldes de la Planta de Producción Vasos en la Empresa Ajovert Darnel.		
TITULO EN INGLES	Design of a Preventive Maintenance Plan Focused on Productivity (TPM) for Molds of the Cup Production Plant at Ajovert Darnel Company.		
RESUMEN (70 palabras)			
<p>El proyecto fue realizado en la empresa Ajovert, en la planta de producción vasos ubicada en la ciudad de Cartagena, dedicada a la fabricación de vasos y tapas espumadas.</p> <p>Se diseña un plan de mantenimiento preventivo basado en TPM, mediante registros de fallas proporcionados en la base de datos de dicha empresa seleccionando una máquina y referencia como objeto de estudio, estos datos son utilizados para realizar un análisis de Weibull que permitió establecer un patrón de fallas y se calculó el tiempo medio entre fallas de las piezas más críticas y con la que se contaba suficiente información, cabe recalcar que a las piezas que no contaban con registro de fallas no fue posible realizarle el análisis.</p>			
RESUMEN EN INGLES			
<p>The project was carried out in the company Ajovert, in the cup production plant located in the city of Cartagena, dedicated to the manufacture of cups and foamed lids.</p> <p>A preventive maintenance plan based on TPM is designed, using failure records provided in the database of the company selecting a machine and reference as the object of study, these data are used to perform a Weibull analysis that allowed to establish a pattern of failures and calculated the mean time between failures of the most critical parts and with which there was enough information, it should be noted that the parts that had no record of failures was not possible to perform the analysis.</p>			
PALABRAS CLAVES	Mantenimiento, Base de datos, Falla, Preventivo, Producción, Vaso, Tpm, Máquina.		
PALABRAS CLAVES EN INGLES	Maintenance, Database, Failure, Preventive, Production, Glass, Tpm, Machine.		
CARACTERÍSTICAS			
PÁGINAS: 81	PLANOS: 0	ILUSTRACIONES: 23	CD-ROM: 0



**Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo Centrado en Productividad (TPM)
para Moldes de la Planta de Producción Vasos en la Empresa Ajoover Darnel.**

Yohan Smith Fuentes Barbosa

Facultad de Ingenierías, Universidad Francisco de Paula Santander Seccional

Ocaña

Ingeniería Mecánica

Mgtr. Edwin Edgardo Espinel Blanco

Agosto del 2023

Resumen

El proyecto fue realizado en la empresa Ajoever, en la planta de producción vasos ubicada en la ciudad de Cartagena, dedicada a la fabricación de vasos y tapas espumadas.

Se diseñó un plan de mantenimiento preventivo basado en TPM, mediante registros de fallas proporcionados en la base de datos de dicha empresa seleccionando una máquina y referencia como objeto de estudio, estos datos son utilizados para realizar un análisis de Weibull que permitió establecer un patrón de fallas y se calculó el tiempo medio entre fallas de las piezas más críticas y con la que se contaba suficiente información, cabe recalcar que a las piezas que no contaban con registro de fallas no fue posible realizarle el análisis.

Por medio del patrón de falla se seleccionaron las piezas a las que se le puede aplicar mantenimiento preventivo, y se procedió a diseñarlo, teniendo en cuenta que las fallas en los moldes proporcionan problemas de calidad en el producto, se procede a elaborar procedimientos para detectar fallas y corregirlas.

Tabla de contenido

Resumen.....	2
1. Introducción	10
1.1 Descripción de la dependencia y/o proyecto al que fue asignado.	11
1.2 Diagnóstico inicial de la dependencia asignada.....	11
1.2.1 Planteamiento del problema.....	11
1.2.2 Formulación del problema.	14
1.3 Objetivo de la pasantía.....	14
1.3.1 Objetivo general.....	14
1.3.2 Objetivos específicos.	14
1.4 Descripción de las actividades a desarrollar.	14
1.5 Justificación	15
2. Enfoques referenciales	17
2.1 Enfoque conceptual.....	17
2.1.1 Mantenimiento productivo.....	17
2.1.2 Objetivos del TPM.....	18
2.1.2.1 No averías	18
2.1.2.2 No accidentes	18
2.1.2.3 No defectos	18
2.1.3 Problemas que propone eliminar el TPM	18
2.1.3.1 Disponibilidad (Fallas).....	18
2.1.3.2 Eficiencia (Tiempos de inactividad).....	19

2.1.3.3	Calidad (Calidad deficiente).....	19
2.1.4	Pilares del TPM.....	19
2.1.4.1	Mejoras enfocadas	19
2.1.4.2	Mantenimiento autónomo	20
2.1.4.3	Mantenimiento planificado	20
2.1.4.4	Mantenimiento de calidad.....	20
2.1.4.5	<i>Capacitación y entrenamiento</i>	20
2.1.4.6	Seguridad, salud y medio ambiente	20
2.1.4.7	Administrativo	21
2.1.4.8	Control inicial	21
2.1.5	Etapas del método TPM.....	22
2.1.6	Análisis causa raíz.....	22
2.2.	Enfoque legal	23
2.2.1	Iso 90001.....	23
2.2.2	Iso 450001.....	24
2.2.3	Iso 14001.....	24
3.	Diagnóstico de la empresa	25
3.1	Descripción de la empresa.	25
3.1.1	Misión.	25
3.1.2	Visión.....	25
3.1.3	Objetivos de la empresa.	26
3.1.4	Estructura organizacional.....	27
3.2	Descripción del proceso	28

3.2.1 Proceso de expansión del poliestireno	29
3.2.1.1 Reposo y estabilización.....	30
3.2.1.2 Moldeado	30
3.2.2 Descripción de las máquinas.....	30
3.2.2.1 Riesgos de la máquina	32
3.2.2.2 Riesgo eléctrico.....	32
3.2.2.3 Riesgo neumático.....	32
3.2.2.4 Elementos de seguridad	32
3.2.3 Producto terminado.....	33
3.2.4 Control de calidad	33
3.2.4.1 Estándares de calidad evaluados	33
3.2.5 Scrap	34
3.2.6 Utilidades	34
3.3 Auditoría de las actividades de mantenimiento realizadas en las máquinas.....	36
4. Establecer los pilares básicos del mantenimiento TPM.....	41
4.1 Análisis de fallas.	41
4.1.1 Costo Mantenimiento correctivo.....	41
4.1.2 Análisis Weibull.....	43
4.1.2.1 Características de vida η (eta) y patrón de falla β (beta)	44
4.2 Mantenimiento planificado	48
4.2.1 Actividad de mantenimiento	49
4.2.2 Procedimiento de mantenimiento preventivo	50
4.3 Mantenimiento de calidad.....	55

4.3.1 Defectos presentados en proceso	55
4.3.2 Procedimiento para ajustes de parámetros	55
5. Definir estrategias para aplicar el TPM	66
5.1 Programas de educación y formación	66
5.1.1 Reunión con gerencia y jefe de planta	66
5.2 Charla con el personal encargado de mantenimiento	67
5.3 Formación de líder	67
5.4 Motivación	68
6. Anexos	69
7. Recomendaciones	74
8. Conclusiones	75
9. Cronograma de actividades.....	76
10. Referencias.....	78

Lista de tablas

Tabla 1. Metas definidas por referencia.....	12
Tabla 2. Kg dejados de producir desde agosto de 2022 hasta abril del 2023	13
Tabla 3. Descripción de las actividades a desarrollar.	15
Tabla 4. Kg dejados de producir por defecto de calidad.....	33
Tabla 5. Actividades de mantenimiento preventivo realizadas a un molde en la planta y tiempo requerido para cada actividad.	37
Tabla 6. Precio de repuestos de kg.....	42
Tabla 7. Cálculo de los parámetros η , β , y MTBF.....	45
Tabla 8. Modos de falla de O -ring.	48
Tabla 9. Plan de Manteniendo preventivo	49
Tabla 10 . Cronograma de actividades.....	77

Lista de figuras

Figura 1. Kg dejados de producir año (2022-2023).....	13
Figura 2. Historia del mantenimiento	17
Figura 3. Pilares del TPM	22
Figura 4. Organigrama de Ajover Darnel, planta de vasos.....	27
Figura 5. Descripción del proceso de transformación de la materia prima.	28
Figura 6. Descripción del proceso de transformación de la materia prima. (imagen de referencia)	29
Figura 7. Tanque de suministro de agua	36
Figura 8. Kg dejados de producir por falla en molde.	38
Figura 9. Kg dejados de producir por falla en máquina.....	39
Figura 10. Superposición de máquina/molde.....	40
Figura 11. Costo de falla para referencia de contenedor de 32 OZ	43
Figura 12. Tiempo medio entre fallas por componente de la máquina objeto de estudio	46
Figura 13. Patrón de falla por repuesto de la máquina objeto de estudio	47
Figura 14. Distribución de Weibull para el O ‘ring 004	69
Figura 15. Confiabilidad del O ‘ring 004.....	69
Figura 16. Distribución de Weibull para el O ‘ring 014.....	70
Figura 17. Confiabilidad del O ‘ring 014.....	70
Figura 18. Distribución de Weibull para el O ‘ring 010	71
Figura 19. Confiabilidad del O ‘ring 010.....	71
Figura 20. Distribución de Weibull para el O ‘ring 202	72

Figura 21. Confiabilidad del O 'ring 202.....	72
Figura 22. Distribución de Weibull para el O 'ring 113	73
Figura 23. Confiabilidad del O 'ring 113.....	73

1. Introducción

A menudo, el ser humano se somete a revisiones para saber su estado de salud, lo mismo ocurre con una máquina. Al tener en casa o en el trabajo máquinas que operan frecuentemente, es necesario analizar las fallas que ya ha tenido y las fallas que puedan tener para así lograr que operen de forma adecuada, además de prolongar su vida útil, pero no sólo todo es ventajoso para las máquinas, un correcto mantenimiento puede ayudar a prevenir accidentes y problemas de salud para la persona que opere la máquina.

La palabra Mantenimiento nace a raíz de la revolución industrial en la segunda mitad del siglo XVII. Debido a que para esa época no había departamento que se dedicara al mantenimiento, los mismos operarios tenían que realizar estas labores. Después de la segunda guerra mundial nace el concepto de fiabilidad, esto suponía un avance en el mantenimiento ya que no solo se debía aplicar correctivo, si no que entraba al juego el mantenimiento preventivo, además con el tiempo surgen otros conceptos como: proactivo y predictivo.

Ha mediado de los años 70 y 80 se trata de volver al inicio, y es cuando se conoce por primera vez la palabra TPM (Mantenimiento productivo total) que nace debido a la necesidad de las empresas de buscar mejoras continuas en sus procesos y es así como las tareas de mantenimiento se transfieren de nuevo al personal de producción.

TPM es uno de los sistemas implementados actualmente que se enfoca en la Eficiencia Total, por lo cual se quiere implementar en la planta de vasos como Una estrategia que consiste en una serie ordenada de actividades que ayudarán a mejorar la calidad de los productos y la reducción de costos.

Es por esto que este proyecto tiene como objetivo el diseño de un plan de mantenimiento centrado en productividad para la aplicación en una planta de fabricación de productos espumados.

Se espera que este diseño genere beneficios a la empresa como la reducción de paradas inesperadas en las máquinas, y mejore la calidad del producto.

1.1 Descripción de la dependencia y/o proyecto al que fue asignado.

Ajover Darnel, ofrece una variedad de productos derivados del petróleo; tales como: vasos y tapas espumadas, empaques rígidos, tejas traslucidas, tanques de almacenamiento de agua y muchos productos más. La planta de vasos se caracteriza por la transformación de perlas de poliestireno expandible (EPS) en vasos, contenedores y tapas, lo cual es una ventaja, ya que la materia prima utilizada tiene propiedades como: Baja densidad lo cual garantiza que el producto sea liviano y de fácil manejo.

El proyecto que se me asignó es elaborar un plan de mantenimiento preventivo centrado en productividad en los moldes que conforman la máquina termo formadora y son pieza fundamental en el proceso de transformación del poliestireno.

1.2 Diagnóstico inicial de la dependencia asignada.

1.2.1 Planteamiento del problema.

La empresa Ajover es una empresa que está siempre pensando en mejorar la producción en todas sus plantas y evitar cualquier pérdida económica. por lo anterior necesita que todas sus plantas trabajen con la mayor eficiencia y evitar cualquier parada inesperada, pero siempre pensando en la seguridad y calidad de sus productos, pero a pesar de que se implementan planes de mejora, ocurren fallas y como consecuencia el producto no sale con la calidad deseada.

La planta de vasos está dividida por 12 líneas, las cuales poseen un número de máquinas moldeadoras cada una. Por referencia se maneja una meta ideal (véase la tabla 1), que por turno refleja que tan eficiente fue el proceso, pero la meta se puede ver interrumpida por muchos factores, uno de ellos es que la máquina está parada; ya sea por una falla o por mantenimiento. Una de las principales causas de fallas en la máquina moldeadora proviene de los moldes, que obliga al operario a frenarla durante mucho tiempo. Es por esto que este proyecto diseñar un plan de mantenimiento preventivo basado en las técnicas de TPM en los moldes que permita mejorar la disponibilidad de las máquinas moldeadoras.

Tabla 1.

Metas definidas por referencia

	H	OD		DD	O (MM	T)
4	8	9	6	7	6		
		7			6		
					6	7	
		72			6	2	
74	D	D74			9		
		7 ⁶			9 ⁹		
		7 ⁸			9 ⁷		
		42			94		
7 ⁶	7 ⁸	94	D4 ⁶		4		
		D7 ⁸			92		
		D94			49		
		D			9		
		D ⁶			6		

Nota. En la tabla 1 se puede apreciar las referencias manejadas en la planta con su respectiva meta de producción.

Actualmente la planta de vasos atraviesa un período de cambio estructural, dentro del área de mantenimiento, que busca presentar propuesta de plan de mantenimiento preventivo en

los moldes. Analizando los procesos que se venían llevando, se evidenció que el área de mantenimiento de la planta tiene pérdidas significativas en producción debido a los kg dejados de producir como consecuencia de esto en un periodo comprendido entre agosto de 2022 y abril del 2023 la planta ha dejado de producir 30.228 kg de producto debido a fallas en el molde los cuales afectan mes a mes el resultado general de la planta.

Tabla 2.

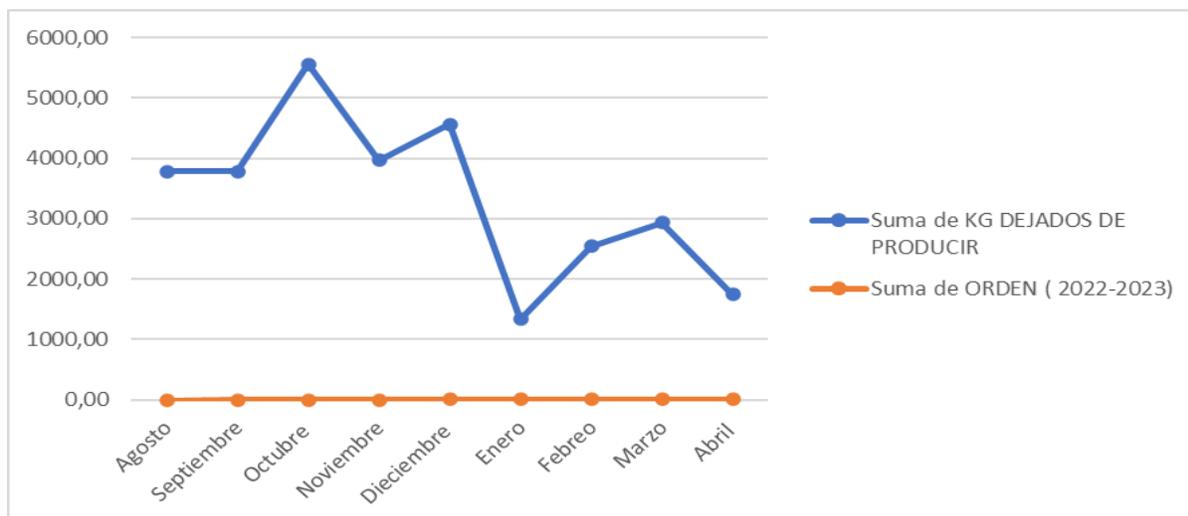
Kg dejados de producir desde agosto de 2022 hasta abril del 2023

T (4244 4249)	T	D
st	9 ⁹	
T	8 9 ⁷⁷	
	7 7 ⁸⁹	
O	9 ⁹⁷	
	6 77	
	7 99	
H	4 7 ⁶²	
	4 9	
m	7 ⁹⁶⁴	
Total	92 44	

Nota. En la tabla 3 se puede apreciar los kg que se dejaron de producir en el año 2022-2023.

Figura 1.

Kg dejados de producir año (2022-2023).



Nota. En la figura 3 se puede apreciar el índice de pérdida en la producción por fallas en los moldes.

En el 2022 hubo pérdidas significativas del 50% del total de kg dejados de producir en la planta por lo que para el 2023 se espera bajar el índice de pérdidas en la producción por fallas en los moldes.

1.2.2 Formulación del problema.

¿Cómo diseñar un plan de mantenimiento bajo los pilares del TPM para moldes de la planta de producción vasos en la empresa Ajover Darnel?

1.3 Objetivo de la pasantía.

1.3.1 Objetivo general.

Diseño de un plan de mantenimiento preventivo centrado en productividad (TPM) para moldes de la planta de producción vasos en la empresa Ajover Darnel.

1.3.2 Objetivos específicos.

- Realizar un diagnóstico de la situación actual del mantenimiento en la empresa
- Establecer cuales pilares básicos del mantenimiento TPM se van aplicar
(Mantenimiento planificado, Mantenimiento de calidad)
- Definir estrategias para implementar el (TPM)

1.4 Descripción de las actividades a desarrollar.

Para el cumplimiento de todos los objetivos propuestos en el presente proyecto, es necesario desarrollar una serie de actividades las cuales son:

Tabla 3.

Descripción de las actividades a desarrollar.

Objetivo general	Objetivos específicos	Actividades a desarrollar
Diseñar un plan de mantenimiento preventivo centrado en productividad (TPM) para moldes de planta vasos en la empresa Ajover Darnel.	Realizar un Diagnóstico de la situación actual en la empresa.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Recopilar información sobre cómo está conformada la empresa. ➤ Reconocer el proceso y máquinas utilizadas. ➤ Realizar una auditoría de las actividades de mantenimiento realizadas en las máquinas.
	Establecer los pilares básicos del mantenimiento TPM (Mantenimiento de calidad y Mantenimiento planificado).	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ejecutar análisis de falla. ➤ Diseñar el Mantenimiento preventivo ➤ Diseñar el Mantenimiento de calidad.
	Definir estrategias para implementar el (TPM).	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Asegurar que el personal de producción se centre en prevenir todo tipo de falla para garantizar cero accidentes, cero fallas y cero defectos. ➤ Garantizar la participación de todos, desde los empleados de la planta hasta la gerencia en la ejecución del método TPM.

Nota. En la tabla 3 se puede apreciar los objetivos propuestos para llevar a cabo el desarrollo del proyecto.

1.5 Justificación

El presente proyecto busca diseñar un plan de mantenimiento basado en la filosofía del TPM en la planta de vasos, ya que actualmente la planta no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo en las máquinas moldeadoras y debido a esto ocurren paradas repentinas, la mayoría por fallas en los moldes por lo que afectan directamente la producción y la calidad del producto.

Las fallas por moldes representan el 15% del total de fallas en una máquina, por lo que es imprescindible diseñar un plan de mantenimiento que permita aprovechar al máximo la

capacidad de las máquinas aumentando la producción, la cual se traduce en rentabilidad para la empresa, además de tener una gestión más planificada.

La única manera que garantiza que el método refleje resultados favorables es implementado una cultura encaminada a garantizar la integración entre equipo y producto con la participación de todas las áreas encargadas, especialmente producción y mantenimiento.

2. Enfoques referenciales

2.1 Enfoque conceptual

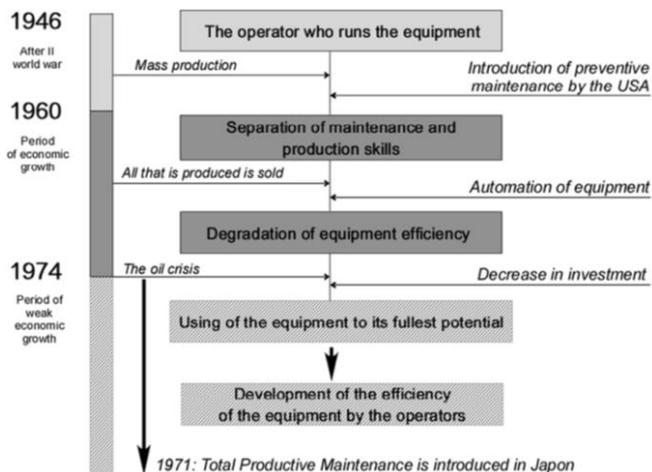
Según (Braglia et al., 2019) El mantenimiento se define como una combinación entre acciones técnicas y administrativas, donde se incluyen tareas de inspección con el objetivo de monitorear el equipo para garantizar que este funcione con su máxima capacidad. El mantenimiento es realizado normalmente por personal capacitado, que tenga el conocimiento del uso de la máquina y cada uno de sus componentes, sin la necesidad de conocer cómo reparar los elementos o equipos, solo debe saber identificar que existen o no fallas y las consecuencias de estas.

2.1.1 Mantenimiento productivo

Según (Cárcel Carrasco, 2016) el TPM es un modelo cuyo enfoque opera sobre la gestión de activos físicos y que entiende la implicación del operador como responsable fundamental de la calidad del producto y la fiabilidad operativa. Fue en Japón donde se conoció por primera el concepto de TPM (Mantenimiento productivo) en 1971(Pascal et al., 2019) .

Figura 2.

Historia del mantenimiento



Nota. En la figura 4 se puede apreciar la evolución del mantenimiento preventivo. (Pascal et al., 2019)

El mantenimiento productivo es un mantenimiento guiado por la gestión, el cual abarca tres principios: eliminar las pérdidas involucradas en el proceso de producción, maximizar la disponibilidad de las máquinas industriales y asegurar la generación de productos de alta calidad a costos competitivos.

2.1.2 Objetivos del TPM

El mantenimiento productivo total los conforma 3 objetivos fundamentales (4.3 Objetivos y Características de TPM, n.d). Solo es posible lograr estos tres objetivos con un cambio de mentalidad y actitud que abarca a todas las personas que trabajan en la empresa, es por esto que el plan de mantenimiento depende del compromiso de todos. (Kiran, 2022)

2.1.2.1 No averías. Siempre buscando la mejor confiabilidad en el equipo para lograr su máxima capacidad y un mejor rendimiento.

2.1.2.2 No accidentes. Siempre pensando en la seguridad del operador y todo el personal que está cerca al equipo, sin dejar atrás posibles contaminaciones ambientales.

2.1.2.3 No defectos. Siempre pensando en la producción y en la calidad del producto.

2.1.3 Problemas que propone eliminar el TPM

2.1.3.1 Disponibilidad (Fallas). Las fallas son las culpables de las paradas inesperadas en una máquina, es por eso que cuando una máquina deja de cumplir con sus funciones, afecta la producción de diferentes maneras, por ejemplo: cuando la falla es grave y provoca que la máquina se detenga completamente, la producción se detiene lo cual implica pérdidas económicas debido a que no se va a cumplir la meta de producción estipulada (Kiran, 2022). Cuando la falla afecta solo una parte de la máquina, a pesar de que la máquina no ha parado

totalmente, sigue afectando la producción, ya que la calidad de producto no va a ser la esperada por lo cual obliga al operador de la máquina a pararla para poder reparar la falla.

2.1.3.2 Eficiencia (Tiempos de inactividad). Cuando se necesita parar la máquina para realizar el cambio de una pieza o realizar un ajuste se presenta baja producción debido a que la cantidad de producto elaborado no va a ser el esperado por lo que los intereses de la empresa se pueden ver afectados considerablemente debido a que el tiempo de inactividad de una máquina puede causar pérdidas millonarias. Es por esto que la toma de decisiones es un aspecto fundamental porque de esta depende que la máquina cumpla la meta esperada.

2.1.3.3 Calidad (Calidad deficiente). La calidad del producto es otro factor importante, cuando no se cumple con los estándares de calidad estos productos no pueden salir al mercado, por lo cual la empresa termina perdiéndolos o reprocesándolos, pero el problema de este último es que implica más trabajo para los operadores y el uso de maquinaria adicional por lo cual los costos se van a incrementar. Una forma de evitar este tipo de problema es la revisión continua de las máquinas para garantizar la calidad del producto y reducir los costes de reelaboración.

2.1.4 Pilares del TPM

2.1.4.1 Mejoras enfocadas. Todo proceso de producción está sujeto a mejoras enfocadas y consisten en el desarrollo de actividades que van relacionadas con el mantenimiento autónomo y planificado. Su objetivo es maximizar la eficiencia global del equipo (Alejandro et al., n.d.) . Sólo se puede evitar la pérdida de equipos, mano de obra, materias primas cuando todo el equipo de trabajo comparte esta visión. Es importante que todos se reúnan para identificar los problemas, estén dispuestos a probar nuevos métodos y sean proactivos en la mejora de los procesos.

2.1.4.2 Mantenimiento autónomo. Consiste en la capacitación del personal con el fin de aumentar el conocimiento de los empleados sobre cada equipo, para que el equipo que opera la máquina pueda tener la autoridad suficiente para dejarlos siempre en óptimas condiciones de trabajo, por lo que cada uno tiene la autonomía para cuidar de la limpieza, la inspección y el mantenimiento de los equipos y activos en los que trabaja.

2.1.4.3 Mantenimiento planificado. Este pilar trabaja de la mano con el mantenimiento correctivo programado, preventivo y predictivo su objetivo es evitar las paradas imprevistas, por lo que se enfoca en la confiabilidad y la disponibilidad de las máquinas. En este pilar se debe tener cuidado ya que el mantenimiento correctivo programado se debe hacer en horas que no perjudique la producción y el mantenimiento preventivo debe usarse estratégicamente, ya que es un mantenimiento costoso.

2.1.4.4 Mantenimiento de calidad. Su objetivo es producir con cero defectos, esto se logra estandarizando las condiciones de los equipos para que no produzcan productos defectuosos. Mantenimiento de la calidad es un factor muy importante cuando se habla de reducción de costos, ya que ve los problemas al inicio del proceso de producción, acción que permite reducir la tasa de desperdicio.

2.1.4.5 Capacitación y entrenamiento. Este pilar es fundamental ya que la clave para realizar un mantenimiento exitoso está en el entrenamiento que recibieron los operarios para aplicar una mejora. Los operadores cada día desarrollan habilidades para mantener rutinariamente el equipo usado e identificar problemas. Es por esto que la empresa debe invertir en planes de capacitación para los operarios.

2.1.4.6 Seguridad, salud y medio ambiente. Este pilar está enfocado en eliminar cualquier riesgo que involucre el bienestar de las personas que operan las máquinas y de las

máquinas mismas. Por eso la encarga de la seguridad en la planta se debe encargar en capacitar a los empleados sobre la importancia del uso de los elementos de seguridad personales y de la máquina. Se estima que un gran porcentaje de enfermedades cacerinas en Europa están relacionadas con actividades profesionales.

2.1.4.7 Administrativo. Consiste en aplicar estos mismos principios a nivel administrativo. Es decir, no todo depende de los trabajadores, ya que incluso los directivos pueden adoptar una filosofía basada en la proactividad y la mejora continua de los procesos, de la logística y hasta de la planificación de tareas. Lo ideal es que los principios del TPM sean adoptados por toda la estructura de la empresa, sin excepción.

2.1.4.8 Control inicial. El control inicial es el intervalo de tiempo entre la fase de especificación hasta la fase de puesta en marcha, cuando al final se entrega el equipo al departamento de producción para su pleno funcionamiento.

Figura 3.*Pilares del TPM*

Nota. Pilares del TPM. (Alejandro et al., n.d.)

2.1.5 Etapas del método TPM

- Preparativo: Consiste en la obtención de un ambiente favorable para el inicio de la implementación, donde se busca la concientización y el compromiso de toda la organización;
- Introducción: Se procede al Diseño del plan mantenimiento.
- Ejecución: se ejecutan todas las actividades para mejorar la eficiencia general de los equipos y sistemas se ponen a trabajar.
- Consolidación: se esperan resultados favorables, pero que mantenerlos se convierte en el siguiente reto.

2.1.6 Análisis causa raíz

El análisis de causa raíz es una metodología analítica y sistemática aplicada en la gestión de activos con el fin de racionalizar los procesos de cada componente de la máquina.

El objetivo del análisis de causa raíz es analizar los retos que debe abordar una organización para racionalizar sus procesos y alcanzar sus objetivos. Por lo tanto, identificar las causas fundamentales de un problema ayuda a desarrollar estrategias más eficaces para superarlo.

- Causas físicas: Pueden surgir debido a problemas con cualquier componente físico de un sistema, como fallos de hardware y mal funcionamiento del equipo
- Causas humanas: Puede ocurrir debido a un error humano, causado por la falta de habilidades y conocimientos para realizar una tarea
- Causas organizativas: Puede ocurrir cuando las organizaciones utilizan un sistema o proceso defectuoso o insuficiente, en situaciones como dar instrucciones incompletas, tomar decisiones equivocadas y manejar mal al personal y los bienes

2.2. Enfoque legal

2.2.1 Iso 90001

La Norma ISO 9001, de gestión de calidad, proporciona a las empresas las herramientas necesarias para aplicar procesos de mejora continua que redunden en mejoras funcionales ajustadas a un estándar de calidad mundialmente reconocido.

2.2.2 Iso 45001

Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo. Requisitos con orientación para su uso ofrece un marco claro y único a todas las organizaciones que deseen mejorar su desempeño en materia de SST. Se dirige a los máximos responsables de las organizaciones y pretende crear un lugar de trabajo seguro y saludable para los empleados y para cualquier persona que acceda a las organizaciones.

2.2.3 Iso 14001

ISO 14001 es un estándar internacionalmente aceptado que indica como poner un sistema de gestión medioambiental efectivo en su sitio. Está diseñado para ayudar a las organizaciones a mantenerse comercialmente exitosas sin pasar por alto sus responsabilidades medioambientales.

3. Diagnóstico de la empresa

3.1 Descripción de la empresa.

Darnel es una organización social y ambiental responsable que se ha convertido en referente de empaques de confianza para la industria de alimentos, orienta sus actividades a la prestación de sus servicios de acuerdo con las normas ISO9001, ISO22000 e ISO14001.

Ajover SAS se enfoca en el área de la manufactura, líder a nivel mundial en productos petroquímicos, productos para el sector de la construcción y productos para empaque. El área de vasos maneja productos como vasos, tapas y contenedores, utilizando como materia prima el poliestireno expandible (EPS).

3.1.1 Misión.

Ofrecer a nuestros clientes productos y conveniencias excepcionales al mejor valor posible, buscando sostenibilidad ambiental y social.

- Teniendo la cadena de abastecimientos más eficiente y circular capaz de brindar una experiencia perfecta a nuestros clientes
- Utilizando tecnología para generar valor, conveniencia y predictibilidad a nuestros clientes.
- Contratando, nutriendo y desarrollando el mejor talento humano.
- Proveyendo soluciones que mejoran nuestros productos y emocionan a nuestros clientes

3.1.2 Visión.

Ser parte de la vida diaria de todos.

3.1.3 *Objetivos de la empresa.*

Mejores productos

- Portafolio completo
- Calidad superior

Mejor entrega

- Confiabilidad
- Facilidad de compra

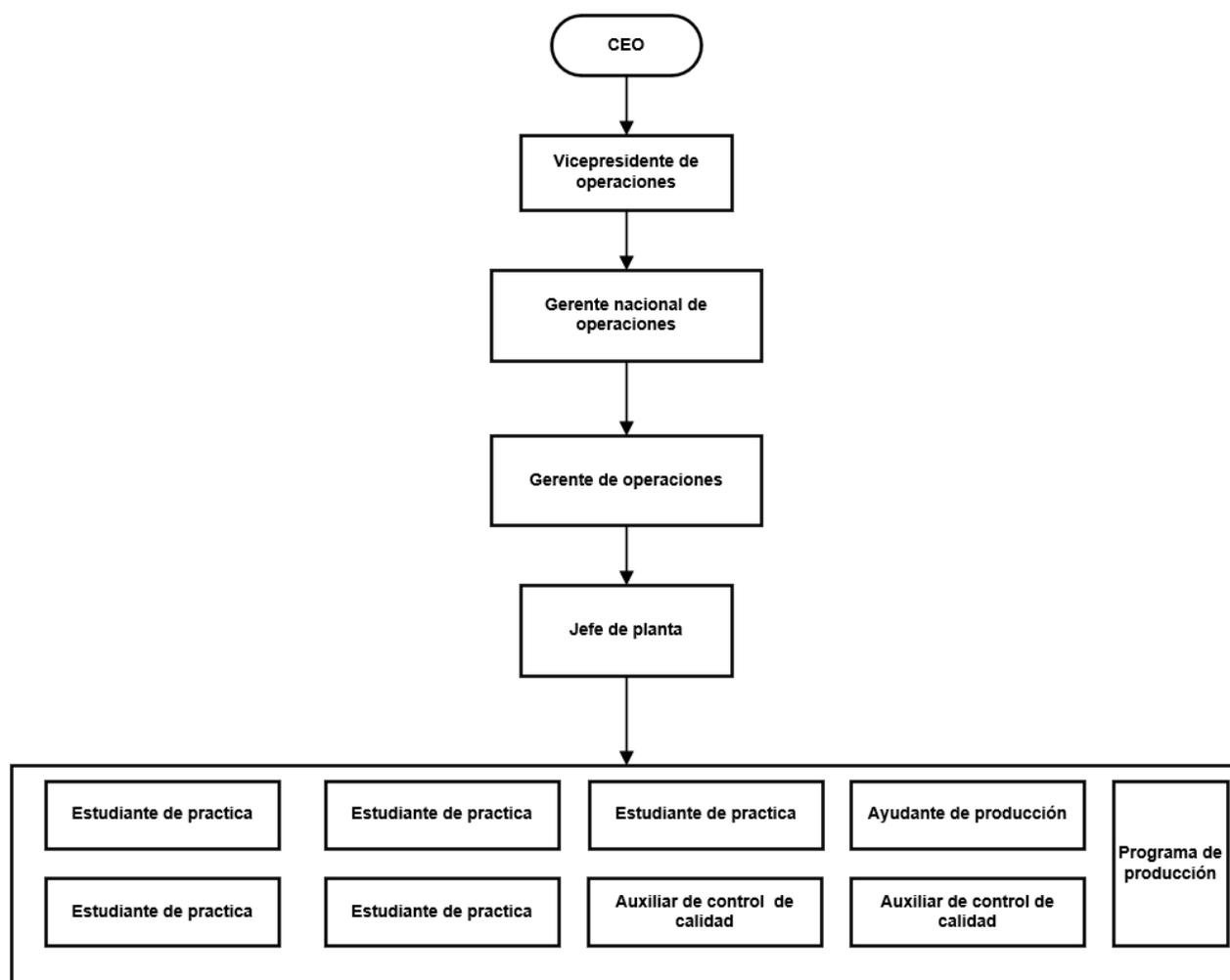
Compañía responsable

- Mejorar OTIF
- Nuevos negocios
- Innovación de productos
- Mejorar el uso de las tecnologías
- Optimizar el uso de recursos
- Mejor calidad de producto.

3.1.4 Estructura organizacional.

Figura 4.

Organigrama de Ajover Darnel, planta de vasos.



Nota. Organigrama de la estructura organizacional de la empresa.

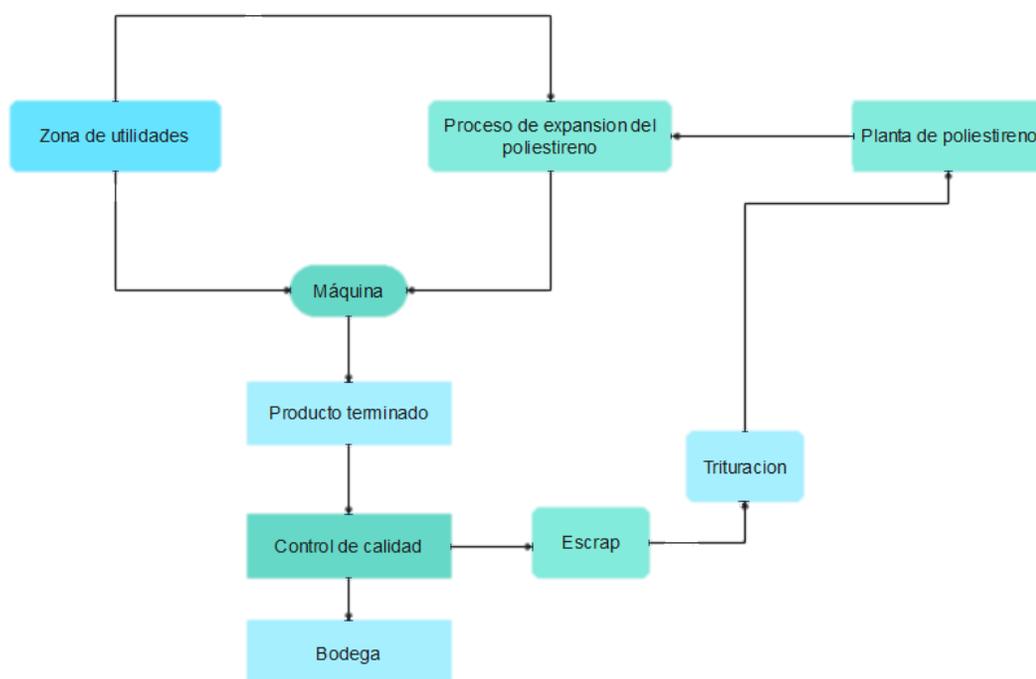
Ajover Darnel, es encabezada por el CEO, el cual es el que se encarga de tomar las decisiones estratégicas y administrativas de la empresa, el vicepresidente de operaciones es el encargado de diseñar las estrategias de la empresa, supervisa a los gerentes mientras estos llevan a cabo el plan, mide los resultados y los reporta a el CEO. El jefe de planta es el encargado de

supervisar todas las operaciones cotidianas de la planta, de la producción y la fabricación para asegurarse de que se sigan las normativas y los procedimientos; el auxiliar de control de calidad es el encargado de verificar que el producto este en la mejor condición posibles, el ayudante de producción es la persona responsable de proporcionar, coordinar y todos los procesos en la planta para lograr la meta esperad, los estudiantes de practica son los encargados de analizar la producción y proponer mejoras.

3.2 Descripción del proceso

Figura 5.

Descripción del proceso de transformación de la materia prima.



Nota. En la figura 3 se puede apreciar por medio de un diagrama el proceso que se debe cumplir para la transformación de la materia prima.

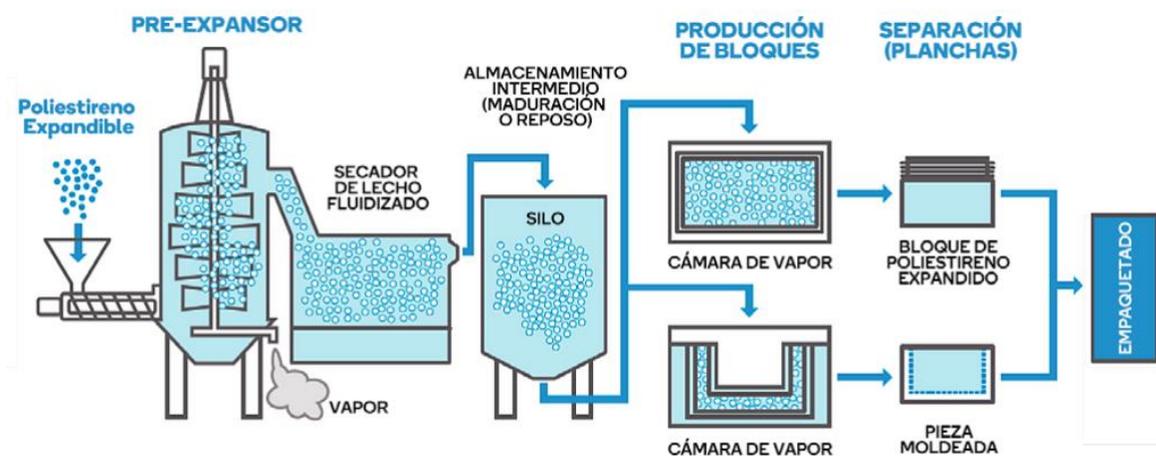
Primero se tiene la zona de utilidades y la zona de la expansión del poliestireno, Son las dos fuentes de suministros principales y más importantes en el proceso. El vapor, agua, aire y

poliestireno expandido llegan a la máquina por medio de tuberías que van conectadas desde cada zona, después que las utilidades llegan a la máquina se cumple con el proceso de cocinado del producto y como resultado se forma el vaso, contenedor o tapa espumada, posteriormente el producto pasa al área de producto terminado donde es sometido a pruebas de calidad. El producto no conforme triturado y enviado a la planta de poliestireno para recircularlo de nuevo y el producto conforme es llevado a la bodega con el fin de ser comercializado.

3.2.1 Proceso de expansión del poliestireno

Figura 6.

Descripción del proceso de transformación de la materia prima. (imagen de referencia)



Nota. La materia prima es introducida en unas máquinas denominadas pre-expansidores. El proceso consiste en la expansión de la perla de poliestireno expandido mediante la aportación de vapor de agua. De esta forma, el agente expansivo que lleva la materia prima permite que ésta se expanda bajando por tanto su densidad aparente. El control de la densidad se realiza mediante el control de distintos parámetros. (*Los Aportes Del EPS POLIESTIRENO EXPANDIDO Para La Economía Circular*, n.d.)

3.2.1.1 Reposo y estabilización. Cuando las partículas recién expandidas se enfrían se crea un vacío interior que es preciso compensar con la penetración de aire por difusión. Para ello, el material se deja reposar en silos ventilados durante un mínimo de 12 horas.

De este modo las perlas alcanzan una mayor estabilidad mecánica y mejoran su capacidad de expansión, lo que resulta ventajoso para la siguiente etapa de transformación. Dependiendo de la densidad aparente del poliestireno expandido a transformar, puede someterse la materia prima pre-expandida a una segunda pre-expansión, o bien, directamente pasar al proceso de transformación propiamente dicho

3.2.1.2 Moldeado. En esta operación, las perlas pre-expandidas se cargan en un molde agujereado en el fondo, con el fin de que pueda circular el vapor. Las perlas se ablandan, el Pentano se volatiliza y el vapor entra de nuevo en las cavidades. En consecuencia, las perlas se expanden y, como están comprimidas en el interior del volumen fijo del molde, se empaquetan formando un bloque sólido, cuya densidad viene determinada en gran parte por el alcance de la expansión en la etapa inicial de pre-expansión. Durante la operación se aplican ciclos de calentamiento y enfriamiento, cuidadosamente seleccionados para el mejor equilibrio económico de la operación y para conseguir una densidad homogénea a través del bloque, así como una buena consolidación de los gránulos, buena apariencia externa del bloque y ausencia de combaduras.

3.2.2 Descripción de las máquinas

Las máquinas manejadas tienen la función de transformar el poliestireno expandido en vasos, contenedores y tapas desechables.

- Pistola de llenado: Es la encargada de inyectar el poliestireno a los moldes.

- Boquilla: Es una pieza mecánica que se encuentra en la punta de la pistola de llenado la cual permite la distribución adecuada del producto en el molde.
- Platina: placa de aluminio plana que hace parte de la estructura del bloque.
- Plato sujetador: es el encargado de mantener alineado el molde.
- Molde: pieza fundamental para el moldeo del EPS, construido de un material que permite la transferencia de calor y resistente a los cambios bruscos de temperatura. Son los encargados de darle la forma al vaso, contenedor o tapa.
- Pistón: pieza metálica deslizable que se encuentra dentro del cilindro y que se acciona mediante la presión hidráulica.
- Pistón de apriete: Es el encargado de mantener los moldes, unidos durante el proceso de moldeo y de separarlos para la eyección del vaso o contenedor moldeado.
- Pistón de balance: es el encargado de amortiguar los moldes, durante el cierre del bloque superior con el inferior.
- Manguera: son las encargadas de llevar el aire comprimido, vapor y agua desde la fuente de suministro a los moldes.
- Eje: Es el elemento que guía el movimiento de rotación de la máquina
- Rodamiento: Elemento mecánico que reduce la fricción entre el eje y las piezas conectadas.
- Buje: Elemento mecánico donde se apoya el eje.
- Diafragma: Pieza mecánica de la reguladora de vapor que permite controlar y aislar el fluido para que no circule hacia la parte superior del sistema.

- Reguladora: Mecanismo para ordenar o modificar el funcionamiento de la máquina o la presión de alguna de sus piezas.
- Válvula shuttler: Es una válvula de intercambio entre agua y vapor la cual tiene un balín que hace sello cuando necesita que entre agua o vapor.

3.2.2.1 Riesgos de la máquina. No poner las manos donde pueda la máquina causarle daño con una de sus funciones rutinarias. Al momento de cambiar los moldes asegurarse de que la máquina tenga la palanca de seguridad colocada y las guardas de la misma y que la válvula de vapor este cerrada.

3.2.2.2 Riesgo eléctrico. No hay riesgo eléctrico porque no tiene contacto con el tablero eléctrico.

3.2.2.3 Riesgo neumático. La máquina tiene manguera y válvula de aire que se pueden partir, salir y causar daño. Antes de hacer el mantenimiento de un molde verificar que esté cerrada la válvula de aire.

3.2.2.4 Elementos de seguridad. Los elementos de seguridad sirven para brindar más seguridad al trabajador. Son de suma importancia porque ayudan a proteger de cualesquier riesgos de accidentes y enfermedades profesionales comunes a la actividad que realiza. Por tanto, es fundamental para el mantenimiento de la salud física del trabajador.

- Gafas de seguridad
- Botas de seguridad
- Gorro cubre cabellos
- Protectores de oídos

3.2.3 Producto terminado

Después de que la máquina cumple el proceso de cocinado, el producto (vaso, contenedor o tapa) es llevado por medio de una cinta transportadora al área de empaque donde el personal autorizado para esta labor es el encargado del envase, embalaje y la identificación por medio de etiquetas que varían según la referencia empacada. El personal de empaque se encarga de llevar las cajas desde la planta hasta el área de calidad.

3.2.4 Control de calidad

Después que el producto es llevado al área de control de calidad se realizan pruebas que se explicaran más adelante para garantizar que todas las actividades y acciones emprendidas para el desarrollo del producto satisfagan las necesidades del cliente (consumidor final) y los estándares de la empresa, por ejemplo: materiales, costos, tiempos de producción, entre otros.

El objetivo es realizar un control estadístico para establecer variables y controlar cada etapa del proceso productivo, generar frecuencias, mediciones, intervalos, rangos, probabilidades, correlaciones, atributos y demás datos de control que permitan la producción de un producto libre de errores.

3.2.4.1 Estándares de calidad evaluados

Cada vez que se presenta una falla en el molde que ocasiona problemas de calidad en el producto, el operador del área de moldeo procede a corregir la falla. En la tabla3 se puede apreciar las fallas en el molde por calidad y los kg dejados de producir.

Tabla 4.

Kg dejados de producir por defecto de calidad.

Defecto	Kg dejados de producir
Pistola de llenado	4.979
Quebradizo	353
Porosidad	104
Hueco en el fondo	87
Filtración	17

Nota. Defectos presentados en el producto terminado y los kg dejados de producir por defecto

3.2.5 Scrap

El scrap es todo el producto no conforme, ya sea porque el cliente lo rechaza o porque no supero los estándares de calidad, es decir que no cumple con todos los requerimientos de calidad. Todo este producto defectuoso es reprocesado con el fin de disminuir “pérdidas económicas” los cual resulta irónico, ya que al reprocesar este producto se aumenta el costo de producción debido a que se tiene que contratar más empleados que se dediquen a clasificar el producto y maquinaria especializada para la trituración de este producto.

3.2.6 Utilidades

Es la encargada de suministrar el vapor, agua y aire comprimido que la planta requiere para el proceso de transformación del poliestireno. El agua proviene de tres tanques que manejan diferentes temperaturas.

➤ Tanque 1:

En este tanque se encuentra depositada el agua más caliente con una temperatura de 70°C debido a que es el agua que se drena en el proceso de cocinado. El proceso consiste en desperdiciar la menor cantidad de agua posible pensando en el medio ambiente, por esta razón el agua es aprovechada y por medio de tuberías es llevada al tanque, debido a la temperatura que maneja es el agua que se utiliza para abastecer la caldera debido a que llega con una temperatura alta lo cual disminuye el trabajo de evaporización en la caldera.

➤ Tanque 2:

El tanque 2 se llena por reboce del tanque 1 y 3, el agua depositada en este tanque es llevada a las torres de enfriamiento con el objetivo de disminuir su temperatura, posteriormente el agua que sale de la torre de enfriamiento llega al tanque 3 con una temperatura de 38°C.

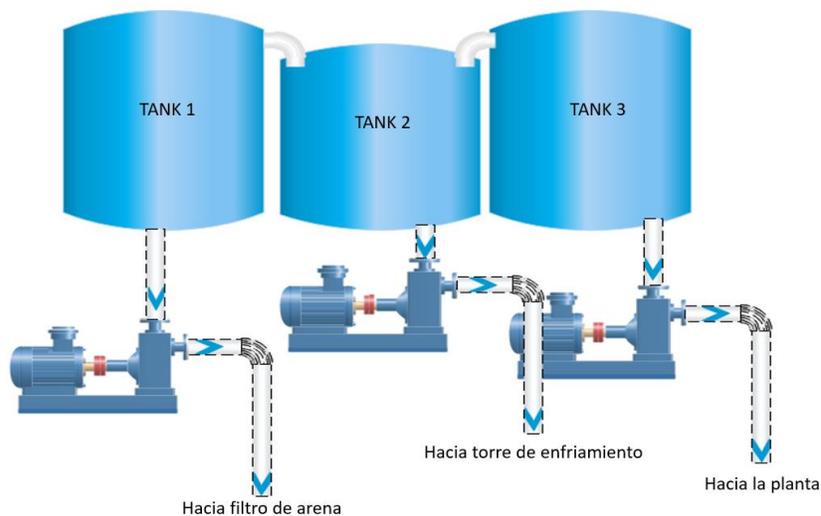
➤ Tanque 3:

Como se explicó anteriormente, este tanque es llenado con el agua que llega de las torres de enfriamiento. Debido a que posee la temperatura ideal para el proceso (38°C) es el encargado de llevar el agua a la planta con el fin de suministrar agua a cada una de las máquinas.

El agua que alimenta la torre de enfriamiento y la caldera primero pasa por un suavizador para eliminar los minerales que posee como lo son el calcio y el magnesio.

El área de utilidades a su vez posee un desairador que es utilizado para eliminar el oxígeno del agua con el fin de evitar corrosión en las tuberías.

El aire comprimido se extrae promedio de compresores, los cuales absorben aire a través de una válvula de entrada y lo comprimen para después enviarlo a la planta de producción por medio de tuberías que están conectadas a las máquinas.

Figura 7.*Tanque de suministro de agua*

Nota. Sistema de alimentación de agua en la planta

3.3 Auditoría de las actividades de mantenimiento realizadas en las máquinas

Para realizar las actividades de mantenimiento, primero se tuvo que realizar una auditoría, la cual consistía en entrevistar al personal encargado del mantenimiento en la planta

➤ Visita a la planta

En la planta de producción se entrevistó a 4 operarios de diferentes líneas, con el fin de identificar las posibles fallas presentadas en los moldes y el tiempo que duraban resolviéndolas. Se les preguntó si las fallas en los moldes variaban según la referencia trabajada, obteniendo una respuesta afirmativa argumentando que algunas referencias requieren más trabajo para el proceso de cocinado.

➤ Visita al taller de moldes

Lo segunda visita fue al taller de moldes donde se entrevistó a la encargada del mantenimiento preventivo de los moldes. Esta visita se pudo determinar la metodología utilizada para realizar el mantenimiento a los moldes y se analizó el tiempo que tardaban por cada mantenimiento.

➤ Visita al departamento de mantenimiento de las máquinas

Esta visita tenía como objetivo conocer la metodología utilizada para realizar el mantenimiento a las máquinas. Se encuestó al personal encargado sobre como realizaban el mantenimiento y cada cuanto lo realizaban, obteniendo como respuesta que se le realizaba mantenimiento general a cada máquina por día; es decir, cada máquina recibe mantenimiento preventivo una vez al año.

Después de recolectar la información necesaria se procedió a identificar las actividades de mantenimiento realizadas y el tiempo necesario para cada una, obteniendo como resultado la siguiente tabla:

Tabla 5.

Actividades de mantenimiento preventivo realizadas a un molde en la planta y tiempo requerido para cada actividad.

Referencia: Vasos, Contenedores y Tapas		
Actividad	Tiempo (Min)	Tiempo (Hora)
Cambio de tubing de entrada	12,920	0,861
Ajuste de canastilla de bronce	22,600	1,507
Cambio de espárragos	19,620	1,308
Cambio de O´rings molde macho	26,140	1,743
Cambio de O´rings molde hembra	22,190	1,486

Nota. En la tabla 5 se puede apreciar las actividades de mantenimientos realizadas en los moldes para todas las referencias trabajadas, se puede apreciar el tiempo que tardan para un juego de molde (4 moldes hembra y 4 moldes macho).

El tiempo requerido para realizar en su totalidad las actividades de mantenimiento es de 6,905 horas, esto quiere decir que la máquina dura parada el 57% del total de horas del turno. En la siguiente sección se podrá apreciar las pérdidas generadas por fallas en los moldes. Después de realizar las actividades de mantenimiento, estas fueron aprobadas por el supervisor de la planta y el jefe de la planta.

Figura 8.

Kg dejados de producir por falla en molde.

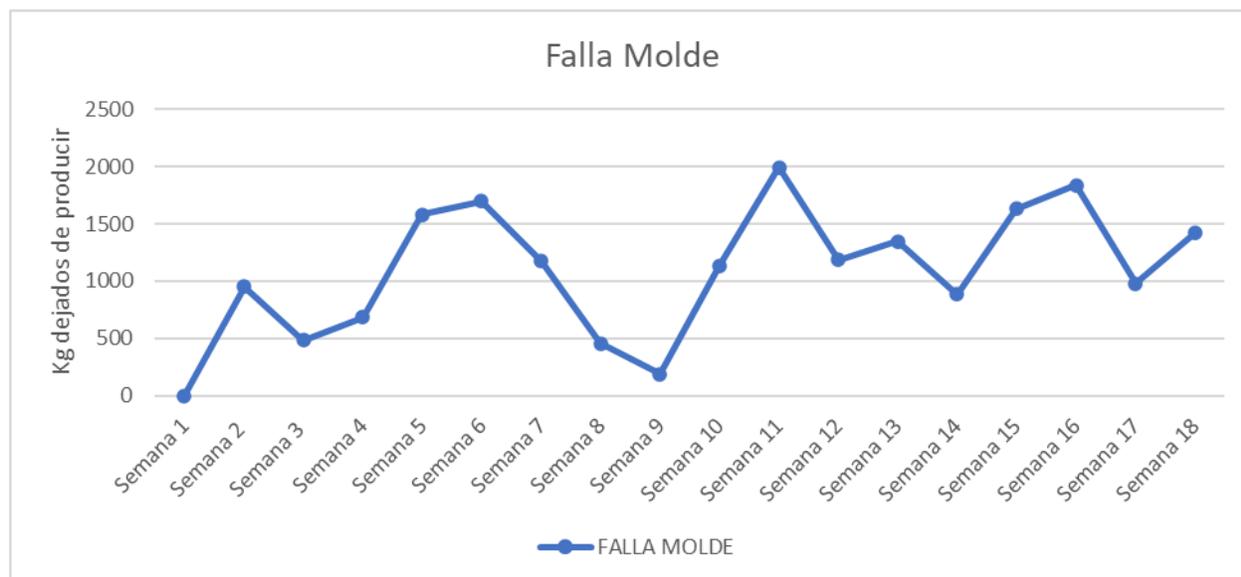
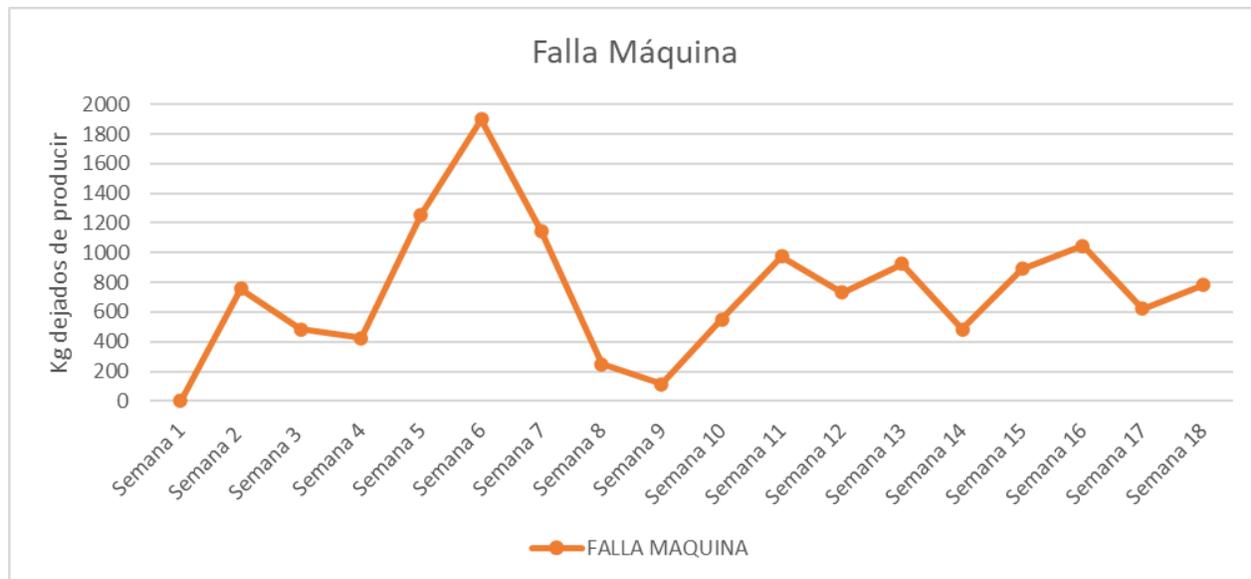


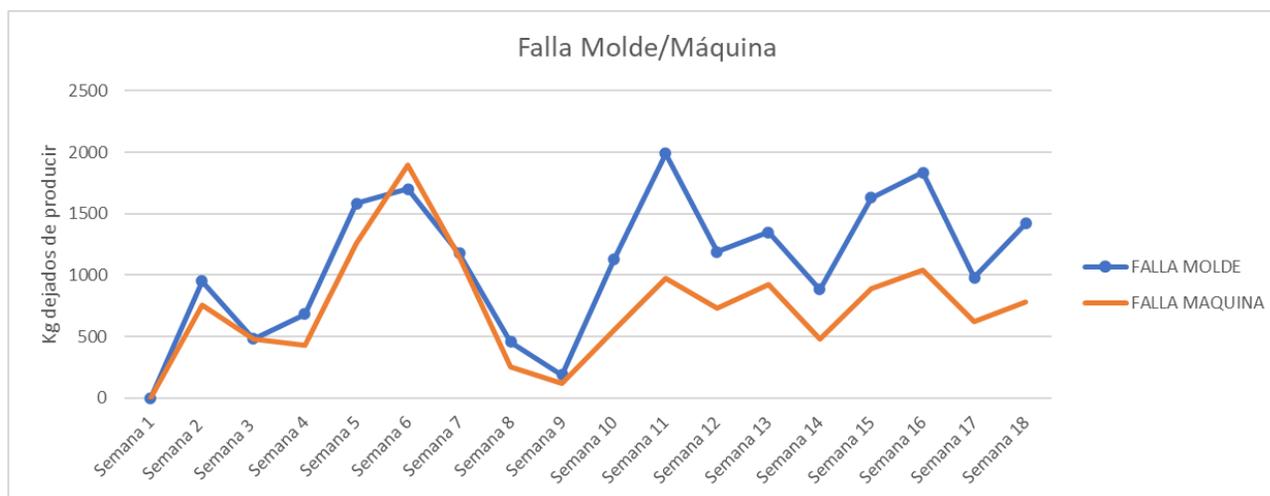
Figura 9.

Kg dejados de producir por falla en máquina.



Nota. En la gráfica 2 se puede apreciar la cantidad de kg dejados de producir semana a semana, desde enero del 2023 hasta mayo 16 del 2023.

Se observa que la primera semana no se produjeron pérdidas, pero esto se debió a que la planta estuvo parada toda esa semana, los resultados semanales no permanecen constantes, siempre se mantienen variando sin mantener mucha diferencia, a pesar de que el pico más alto se presentó en la semana 11 donde se dejaron de producir 2000 kg (duplicando la semana 10). Hasta la fecha se han rechazado 19.627 kg de producto debido a que no superan la prueba de calidad, este problema representa el 19% de las pérdidas por producción, lo cual preocupa a la gerencia debido a que los costos se han subido de manera significativa, por lo cual es necesario estudiar la raíz del problema para solucionarlo y eliminar las pérdidas.

Figura 10.*Superposición de máquina/molde*

Nota. De acuerdo a la gráfica 4, se puede decir que ambas graficas mantienen un comportamiento muy similar, sin embargo después de la semana 9, las fallas por moldes se disparan ocasionando pérdidas significativas, incluso llegando a tener el pico más alto y convirtiéndose en el factor con mayor kg dejados de producir.

4. Establecer los pilares básicos del mantenimiento TPM

4.1 Análisis de fallas.

4.1.1 Costo Mantenimiento correctivo

Para realizar el análisis de fallas es necesario tener registro de fallas, en este caso para el análisis se utilizó información del consumo de repuestos del año 2022-2023 de la máquina 106.

Para los repuestos donde no había registro histórico o consumo en la máquina no es posible determinar la probabilidad de falla.

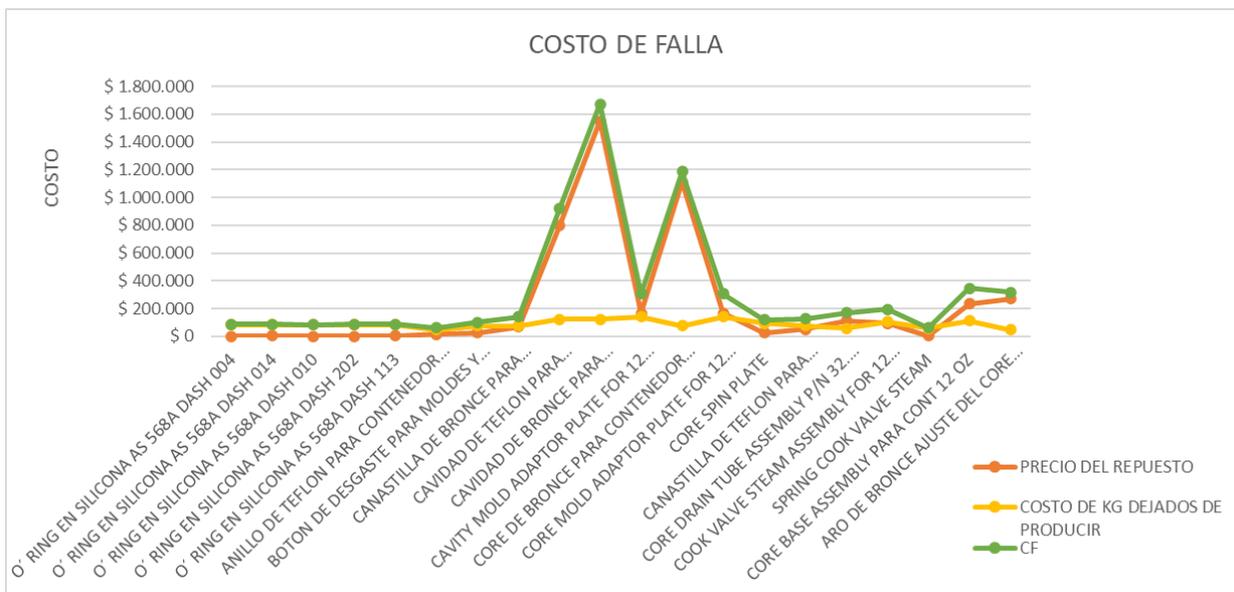
Se selecciona una referencia para objeto de análisis, basados en criterio de mayor producción: la referencia de contenedor de 32 es la seleccionada para realizar el análisis debido a que es la que más problemas presenta por falla en molde.

Tabla 6. Precio de repuestos de kg

T					D	M	T	D T	T	DH														
					T		D		D															
O	OTMD	O	T ⁷⁸	T 22 ⁶	7	9	2	9	97	97	6	2 ⁶	7	6 ⁴										
O	OTMD	O	T ⁷⁸	T 27 ⁶	9	6	2	9	97	97	6	2 ⁶	9											
O	OTMD	O	T ⁷⁸	T 272	9	7		9	97	97	6	2 ⁶	6	9 ⁸⁶										
O	OTMD	O	T ⁷⁸	T 424	7	9	9	9	97	97	6	2 ⁶	7	6 ²⁴										
O	OTMD	O	T ⁷⁸	T 779	4	6		9	97	97	6	2 ⁶	8	7 ⁶										
O MM		HMO		D O O	7	7	222	4	2 ⁸⁷	9 ⁴	6	8	8	6										
74														8	7 ⁸	6								
O	T T			M T	4	7	7	22	9	92 ⁷⁷⁷⁷	9	6	9	72	722	4	72							
D O O	T																							
D O T MM				OD	8	9	4	7	9	92 ⁷⁷⁷⁷	9	6	9	72	7	6	7	8	7					
D O O	T																							
D		HMO		D O O	2	2	222	7	9	7	4	9	9	74	7	6	2	6						
74																								
D		OD		D O O	7	7	7	2	222	7	9	7	4	9	9	74	7	6	2	6				
74																								
D	M			M H 74	7	8	7	222	8	7	9	7	8	8	7	6	2	2	4					
D O O																								
D		OD		D O O	7	7	7	4	222	9	9	2	7	7	7	9	6	9	72	7	7	8	9	72
74																								
D	M			M H 74	7	8	7	222	8	7	9	7	8	8	7	6	2	2	4					
D O O																								
D	T O M				4	6	6	22	6	7	9	7	6	6	9	9								
74																								
D O T MM		HMO			6	7	22	9	92 ⁷⁷⁷⁷	9	6	9	72	74	6	4	72							
D O O	T	74																						
D	O	TT		M -O94	7	7	4	7	9	9	4	6	9	7	8	8	7	8	2	9	9			
O	O																							
D	M T		TT	M H 74	4	2	22	6	7	6	7	9	7	2	4	9	4	9						
D O O																								
T O D		M T			6			4	6	9	7	8	8	7	8	2	9	9						
D	T TT	M		D O 74	4	9	4	6	7	9	9	9	7	7	4	2	8	8						
74																								
D		OD	T	MD	4	9	2	222	4	2	8	7	9	4	6	8	8	6	9	7	8	8	6	
D O	74																							

Nota. Precio de repuestos actualizados para las componentes de los moldes

Figura 11. Costo de falla para referencia de contenedor de 32 OZ



Nota. La grafica 5 muestra que el pico más alto lo comparten los repuestos de bronce, lo cual es justificado debido al material de fabricación de estas piezas, pero no deja de ser un riesgo económico.

El valor del repuesto es elevado en comparación a los demás, no es tolerable una falla inesperada ya que el tiempo que dure la máquina parada incrementara el precio de la falla correctiva por eso es necesario realizar un estudio de vida útil de estas piezas con el fin de evaluar tiempo entre fallas y evitar paradas inesperadas que generen pérdidas económicas en la producción.

4.1.2 Análisis Weibull

La distribución de Weibull es empleada para modelar los tiempos de fallas, además permite describir cualquier fase de la máquina o componente: vida útil, desgaste. En el presente análisis se utilizó la distribución de Weibull para modelar indicadores de tiempo medio entre fallas (MTBF) de la máquina y de las componentes de los moldes.

Con el análisis de Weibull se busca determinar el patrón de falla (β) y la característica de vida de los componentes.

- $\beta < 1.0$ Indica mortalidad infantil. En este caso el mantenimiento programado preventivo, en general, no son costo efectivo
- $\beta = 1.0$ indica falla aleatoria
- $\beta > 1.0$ indica falla por desgaste

4.1.2.1 Características de vida η (eta) y patrón de falla β (beta). Los parámetros β y η de la distribución de Weibull son los valores usados para el análisis de vida de los componentes

Figura x. Función de distribución de Weibull.

$$F(t) = 1 - e^{\left(-\frac{t}{\eta}\right)^\beta}$$

Fuente. (Ma & Del Pino, n.d.)

Donde:

- $F(t)$ = Cumulative Distribution Funtion
- t = Tiempo de falla
- η = Parámetro forma o pendiente
- β = Parámetro forma o pendiente
- $e = 2.718281828$, base del logaritmo natural.

B, muestra la clase de falla como son mortalidad infantil, aleatoria, o desgaste, también es llamado el parámetro forma porque determina la familia o el tipo de distribución.

η es el parámetro vida y es igual al tiempo promedio para la falla (MTTF) cuando β es igual a 1 la relación entre η y el MTTF es la función gamma de β .

Figura x. Ecuación para determinar tiempo entre fallas (MTBF) o tiempo medio de falla (MTTF) para componentes que no son reparables.

$$MTTF = \eta \Gamma(1 + 1/\beta)$$

Fuente. (Ma & Del Pino, n.d.)

Como ya se explicó anterior mente, para construir la distribución de Weibull es necesario tener registro de fallas, por lo que para este proyecto se tomó como referencia las fallas registradas en el año 2022, en la máquina 106. Para los repuestos que no había registro histórico de consumo no fue posible determinar la distribución.

Tabla 7.

Cálculo de los parámetros η , β , y MTBF.

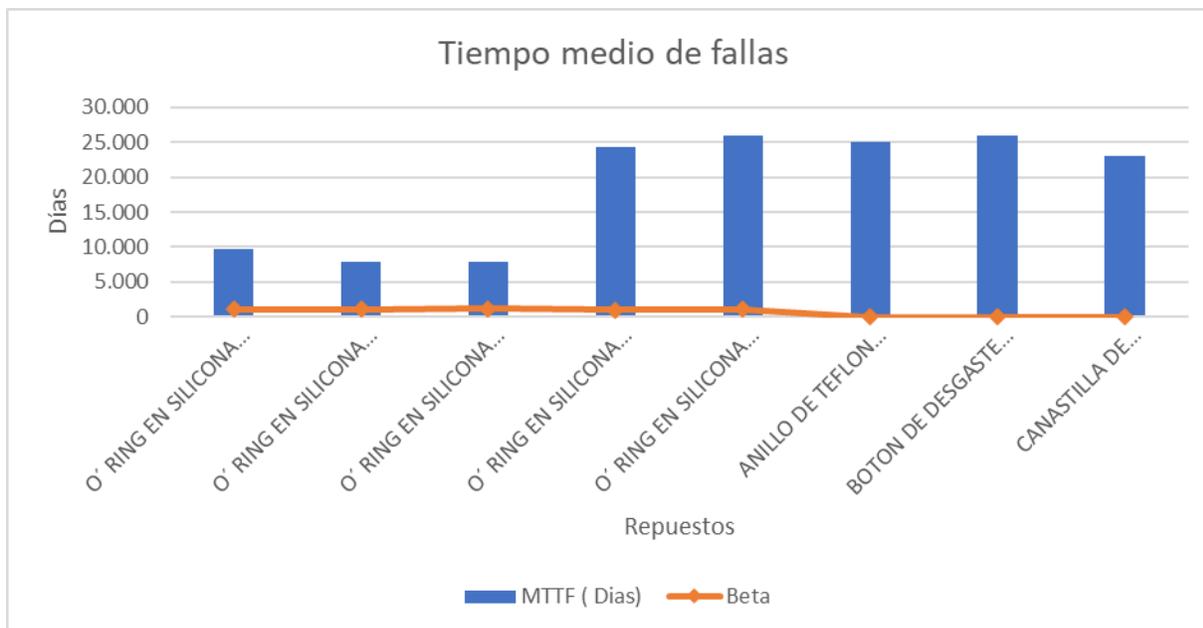
T					H(σ	
O	OTMD	O	T ⁷⁸	T 22 ⁶	7 2 ⁶⁹	6 8 ⁷	9 4 ⁷
O	OTMD	O	T ⁷⁸	T 27 ⁶	7 7 ²	6 77 ⁶	9 4 ⁹
O	OTMD	O	T ⁷⁸	T 27 ²	7 7 ⁷	6 7 2	9 2
O	OTMD	O	T ⁷⁸	T 424	7 27 ⁷	74 49 ⁹	4 ⁶ 4 ⁹
O	OTMD	O	T ⁷⁸	T 779	7 2 ⁹⁷	79 ⁶⁹⁶	4 ⁸ 22 ⁶
OMM	HMO	DOO		74	2 ⁹⁶	77 ⁹⁴⁴	4 ⁷ 7 ⁶⁷
O	T	T		M	T		
DOO	T				2 ⁹⁸	77 ⁶⁷	4 ⁷ 9
DOTMM	OD	DOO		T	2 ⁹⁷⁴	22	49 2 ⁸⁴

Nota. Parámetros de Weibull evaluados en el análisis de falla para cada pieza Dado que el

parámetro Beta tiene valores a 1 ($\beta > 1$) señala que el patrón de falla de las componentes de los moldes es asociado a una condición de desgaste. En este caso es aplicable ejecutar el mantenimiento preventivo.

Figura 12.

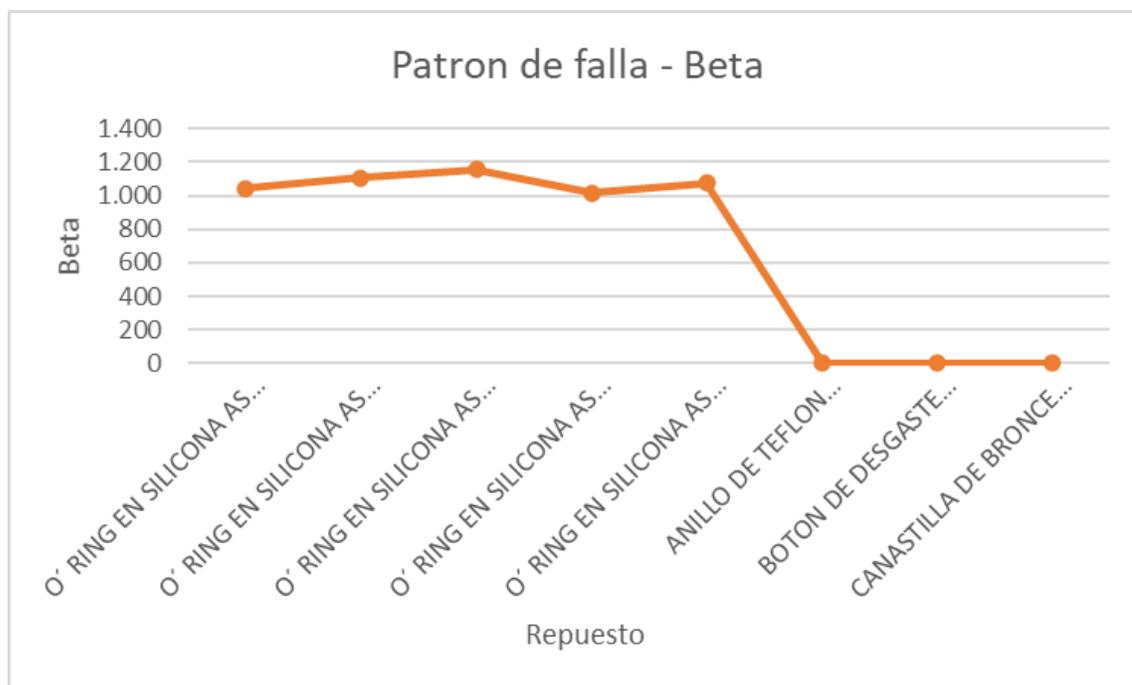
Tiempo medio entre fallas por componente de la máquina objeto de estudio



Nota. El promedio de falla de en el caso de los O´-ring de silicona DASH es de 15.132 días, esto quiere decir que a los 15 días aproximadamente los O´ ring deben de ser reemplazados y la máquina debe de ser detenida totalmente para realizar el cambio.

Figura 13.

Patrón de falla por repuesto de la máquina objeto de estudio



Nota. El patrón de falla de el grafico 7, indica que el grupo de repuesto asociados a O-ring de silicona presenta sostenibilidad infantil entre un patrón de fallas relacionadas con fallas por desgaste. El Beta para este grupo no sobrepasa 1.2.

Es posible que el comportamiento y funcionamiento de los O-ring se vean afectados por la misma operación de la máquina, instalación inapropiada de los componentes, incorrectos procedimientos de arranque de máquina o incompatibilidad de materiales de proceso.

Teniendo en cuenta los parámetros de determinación MTBF y Beta de los O-ring se determinan cuáles son los modos de falla que pueden estar afectando e influyendo las paradas de máquina de máquina. Un patrón de falla prematura de O-ring a menudo indica posible combinación de modos de falla o causa raíz. A continuación, se listan los modos de falla de los O-ring más comunes presentados.

Tabla 8.*Modos de falla de O -ring.*

Componente	Descripción	Qué la produce
O -ring deformado	Deformación por compresión	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura excesiva (O -ring pierde sus propiedades) • Aumento de volumen debido al fluido del sistema. • Selección de material de O -ring con propiedades de deformación deficientes
O -ring mordido	Daños en el montaje	<ul style="list-style-type: none"> • Daños en el montaje • Esquinas afiladas • O -ring pellizcado durante el montaje
Hinchazón o encogimiento del O -ring	Incompatibilidad del fluido	<ul style="list-style-type: none"> • Incompatibilidad del fluido • Elastómero adsorbe el fluido
Desgaste mecánico	Abrasión o desgaste	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación o falta de lubricación • Inapropiadas terminaciones de superficie dinámica de contacto de O -ring

Nota. A partir de la información de los modos de falla de los O -ring se puede elaborar el plan de mantenimiento para disminuir las paradas correctivas.

4.2 Mantenimiento planificado

El diseño del mantenimiento preventivo se elabora según los resultados obtenidos en el análisis de fallas, por lo que se tiene:

- Para fallas prematuras ($\beta < 1$)

El mantenimiento preventivo no es a menudo aplicable para un ítem que tiene tasa de falla decreciente.

- Para falla aleatoria ($\beta = 1$)

Las fallas aleatorias no pueden ser prevenidas (pueden ser detectadas por inspecciones o chequeos). Debido a que la tasa de falla de falla es constante, el mantenimiento preventivo probablemente no tenga el efecto esperado.

- Para falla por desgaste ($\beta > 1$)

Para las fallas por desgaste es aplicable el mantenimiento preventivo (basado en condición de tiempo). La tasa incremental de fallas hace que la ejecución de tareas preventivas ayudando a que el componente o sistema se devuelva a un punto de menor tasa de falla.

4.2.1 Actividad de mantenimiento

Las actividades de mantenimiento preventivo son actividades básicas, pero que requieren de ciertas habilidades de parte de los técnicos, estas actividades tienen el fin de ayudar a mantener el funcionamiento constante y continuo del equipo, disminuyendo los paros inesperados. Entre las actividades más comunes del mantenimiento preventivo están la inspección, limpieza, reposición y restauración de piezas periódicamente.

Tabla 9.

Plan de Manteniendo preventivo

 Procedimiento	Prioridad	Sistema		Moldes
		Requiere parada	Especialidad	
MTTO Molde macho	5	Si	Operador de producción	
MTTO Molde hembra	5	Si	Operador de producción	
Cambio de tubing de entrada	2	Si	Operador de producción	
Ajuste de canastilla de bronce	3	Si	Operador de producción	
Cambio de espárragos	2	Si	Operador de producción	
Ajuste de botón de desgaste	4	Si	Operador de producción	

Nota. Procedimiento de mantenimiento realizados con el nivel de prioridad requerido.

4.2.2 Procedimiento de mantenimiento preventivo

Los procedimientos o instructivos de mantenimiento preventivo son la herramienta que se le otorga al técnico, encargado de llevar a cabo los trabajos de mantenimiento en los respectivos equipos, con el fin de que se indique estos todo lo relevante a los equipos de la forma más completa posible.

Como primeras intrusiones de los procedimientos se detallan las medidas de seguridad, estas indicaciones son de acatamiento obligatorio por los técnicos, ya que uno de los fines importantes del TPM es el cero accidentes, por lo tanto, radica aquí la importancia de tomar medidas de seguridad.

Posteriormente se especifican los procedimientos de mantenimiento de cada una de las partes del molde, se indican herramientas por utilizar para el desarme de las piezas

Como se explicó anteriormente el mantenimiento preventivo se diseñará para los equipos que presentan desgaste.

	Mantenimiento de moldes	Fecha: 2023/13/06 No. De revisiones 2 Página 1 de 4
Elaborado por	Yohan Fuentes	P04-E16

RIESGO DE LA MÁQUINA

No ponga sus manos donde pueda la máquina causarle daño con una de sus funciones rutinarias.

Al momento de cambiar los moldes asegúrese de que la máquina tenga la palanca de seguridad colocada y las guardas de la misma y que la válvula de vapor este cerrado.

RIESGO ELECTRICO

No tiene riesgo eléctrico porque no tiene contacto con el tablero eléctrico

HERRAMIENTAS, EQUIPOS Y MATERIALES

- Una llave Allen de 3/16"
- Una llave combinada de 7/16", 1/2", 9/16", 5/8", 11/16" y 3/4"

SEGURIDAD E IGIENE INDUSTRIAL

- Gafas de seguridad
- Botas de seguridad
- Gorro cubre cabello
- Protectores auditivos
- Uniforme de trabajo

	Mantenimiento de moldes	Fecha: 2023/13/06 No. De revisiones 2 Página 2 de 4
Elaborado por	Yohan Fuentes	P04-E16

RIEGO NEUMATICO

Siempre recuerde que la máquina tiene mangueras y válvulas de aire que se pueden partir y causar daños. Antes de realizar mantenimiento verifique que la válvula de aire este cerrada.

PROCEDIMIENTO MOLDE SUPERIOR

1. Parar la máquina (Cumpliendo con el procedimiento AJIP04-E01 arranqué y operación de máquina moldeadoras).
2. Desmontar la v/v shuttle de la maguera de 5/16” utilizando la llave de 5/8” y 9/16”.
3. Desmontar la manguera de drenaje de 5/16” utilizando las llaves de 9/16” y 11/16”.
4. Realizar prueba con la boquilla de la pistola de llenado para verificar que no exista desgaste o juego en el punto de llenado del molde hembra.
5. Con la llave Allen de 3/16” se sueltan los 3 tornillos que sujetan la tapa de la parte superior del molde y se retira dicha tapa.
6. Se separa la cavidad de teflón para su limpieza.
7. Se separa el core de teflón de la parte exterior de bronce.
8. Se limpia la cavidad con una solución acida (oakite) 33, con una concentración de 10% en un litro de agua.

	Mantenimiento de moldes	Fecha: 2023/13/06 No. De revisiones 2 Página 3 de 4
Elaborado por	Yohan Fuentes	P04-E16

9. Se limpia la parte exterior del molde y el core de teflón con una esponjilla de bronce, agua y detergente.

NOTA: Se cambian los O-ring que estén en mal estado. Si se presenta desgaste, mandarlo a máquinar o cambiar la hembra

PROCEDIMIENTO MOLDE INFERIOR

1. Parar la máquina (Cumpliendo con el procedimiento AJIP04-E01 arranqué y operación de máquina moldeadoras).
2. Desmontar la v/v shuttle de la maguera de 5/16" utilizando la llave de 5/8" y 9/16".
3. Desmontar la manguera de drenaje de 5/16" utilizando las llaves de 9/16" y 11/16".
4. Verificar que el alojamiento donde va el anillo de teflón no se encuentre desgastado, en caso de desgaste cambiar el core.
5. Se separa el core de teflón del core de bronce.
6. Con un dado hexagonal de 11/32 se sueltan las tuercas que sujetan la válvula de cocinado.
7. Si el teflón en el plato de bronce se encuentra desgastado suelte los tornillos que lo sujetan al plato de bronce, utilizando una llave Allen de 3/16
8. Cambiar O-ring 113

	Mantenimiento de moldes	Fecha: 2023/13/06 No. De revisiones 2 Página 4 de 4
Elaborado por	Yohan Fuentes	P04-E16

9. Sujete nuevamente el teflón al plato de bronce.
10. Se separa la válvula de cocinado del core de teflón y se le cambia los O-ring 010, 004, 014. (Se cambia la válvula de cocinado si está en mal estado)
11. Se coloca el Core de bronce en una solución acida (oakite) al 10% en un litro de agua. Posterior se lava con una esponjilla de bronce con agua y detergente.
12. Revisar el estado de la canastilla.
13. Revisar el alojamiento donde va la canastilla, que no se encuentre desgastada, en caso de desgaste cambiar el core.
14. Revisar el botón de desgaste (core bottom) y cambiar si es necesario.
15. Revisar la base donde se sienta el botón de desgaste no se encuentre desgastado, en caso de desgaste cambiar el core.
16. Cambiar los 4 anillos de teflón de cocinado a los cores o moldes inferiores.
17. Limpiar los anillos de bronce que sujetan el core del plato, con una esponjilla de bronce, agua y detergente.
18. Revisar los 6 orificios del core que no se encuentren tapados
19. Tiempo: 1 hora por molde

4.3 Mantenimiento de calidad

El objetivo es prevenir e identificar errores de desarrollo en el proceso de producción y estandarizar las condiciones de los equipos para que no produzcan productos defectuosos.

4.3.1 Defectos presentados en proceso

- Vasos con fondo quebradizo
- Vaso con hueco en el fondo
- Vaso con piel naranja
- Vaso con porosidad
- Vaso con borde grueso

4.3.2 Procedimiento para ajustes de parámetros

Los ajustes de parámetros se dan siempre y cuando el producto terminado lo requiera, según los perfiles de operación, cada máquina moldeadora o cada referencia de vasos y contenedores.

Los temporizadores se ajustan de acuerdo con el tiempo al que se ve a utilizar. El valor de diferencia permitido entre los parámetros ideales con los reales es de 0.1s y se configuran desde el tablero de control de la máquina. Si la máquina está trabajando con un valor mayor a 0.1, se le tiene que informar al operador, para que este configure el perfil de operación.

	Vaso con fondo quebradizo	Fecha: 2023/13/06 No. De revisiones 2 Página 1 de 2
Elaborado por	Yohan Fuentes	P04-E02

RIESGO DE LA MÁQUINA

No ponga sus manos donde pueda la máquina causarle daño con una de sus funciones rutinarias.

Al momento de cambiar los moldes asegúrese de que la máquina tenga la palanca de seguridad colocada y las guardas de la misma y que la válvula de vapor este cerrado.

RIESGO ELECTRICO

No tiene riesgo eléctrico porque no tiene contacto con el tablero eléctrico

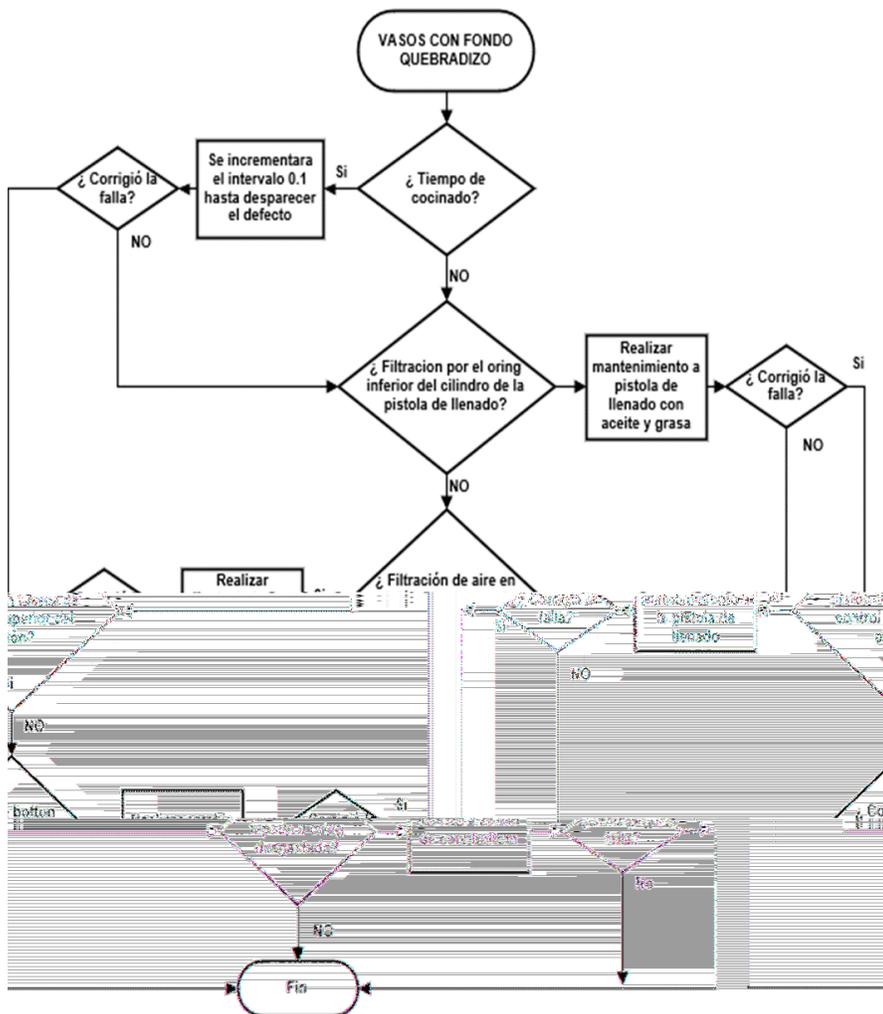
HERRAMIENTAS, EQUIPOS Y MATERIALES

- Una llave Allen de 3/16"
- Una llave combinada de 7/16", 1/2", 9/16", 5/8", 11/16" y 3/4"

SEGURIDAD E IGIENE INDUSTRIAL

- Gafas de seguridad
- Botas de seguridad
- Gorro cubre cabello
- Protectores auditivos
- Uniforme de trabajo

	<p>Vaso con fondo quebradizo</p>	<p>Fecha: 2023/13/06 No. De revisiones 2 Página 2 de 2</p>
<p>Elaborado por</p>	<p>Yohan Fuentes</p>	<p>P04-E02</p>



	Vaso con hueco en el fondo	Fecha: 2023/13/06 No. De revisiones 2 Página 1 de 2
Elaborado por	Yohan Fuentes	P04-E02

RIESGO DE LA MÁQUINA

No ponga sus manos donde pueda la máquina causarle daño con una de sus funciones rutinarias.

Al momento de cambiar los moldes asegúrese de que la máquina tenga la palanca de seguridad colocada y las guardas de la misma y que la válvula de vapor este cerrado.

RIESGO ELECTRICO

No tiene riesgo eléctrico porque no tiene contacto con el tablero eléctrico

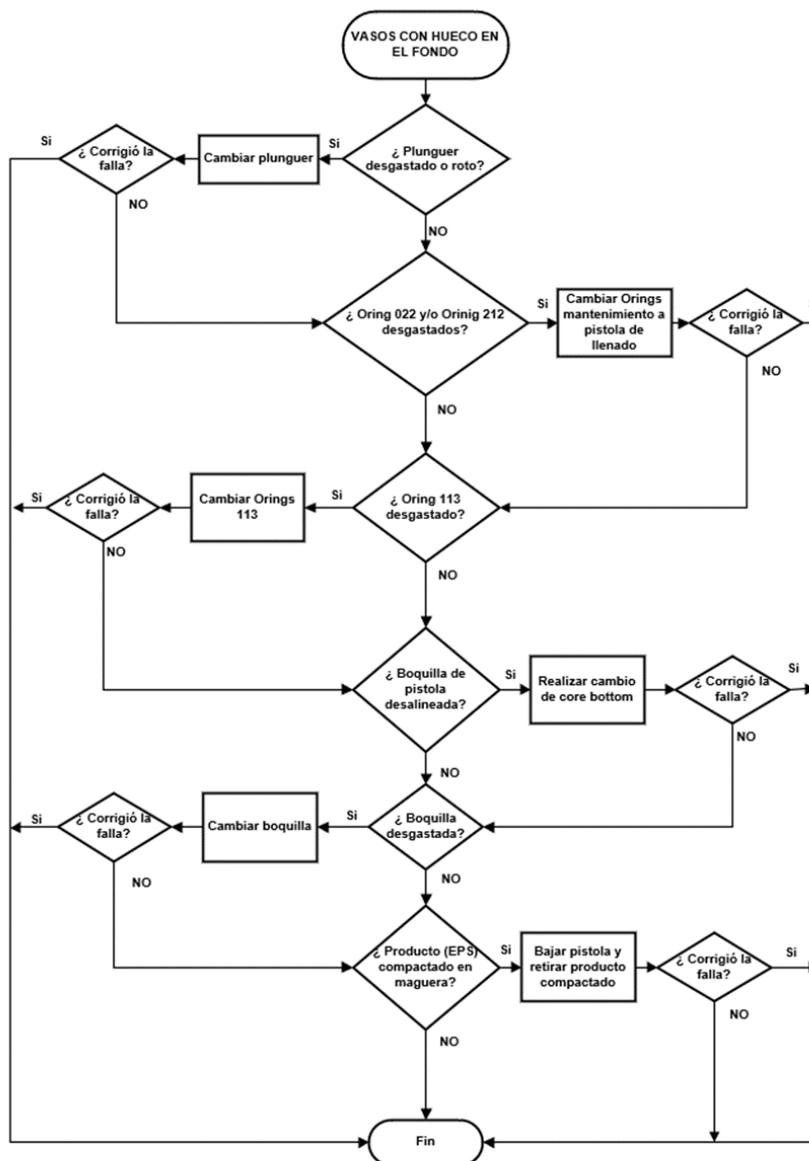
HERRAMIENTAS, EQUIPOS Y MATERIALES

- Una llave Allen de 3/16"
- Una llave combinada de 7/16", 1/2", 9/16", 5/8", 11/16" y 3/4"

SEGURIDAD E IGIENE INDUSTRIAL

- Gafas de seguridad
- Botas de seguridad
- Gorro cubre cabello
- Protectores auditivos
- Uniforme de trabajo

	<p>Vaso con hueco en el fondo</p>	<p>Fecha: 2023/13/06 No. De revisiones 2 Página 2 de 2</p>
<p>Elaborado por</p>	<p>Yohan Fuentes</p>	<p>P04-E02</p>



	Vaso con piel naranja	Fecha: 2023/13/06 No. De revisiones 2 Página 1 de 2
Elaborado por	Yohan Fuentes	P04-E02

RIESGO DE LA MÁQUINA

No ponga sus manos donde pueda la máquina causarle daño con una de sus funciones rutinarias.

Al momento de cambiar los moldes asegúrese de que la máquina tenga la palanca de seguridad colocada y las guardas de la misma y que la válvula de vapor este cerrado.

RIESGO ELECTRICO

No tiene riesgo eléctrico porque no tiene contacto con el tablero eléctrico

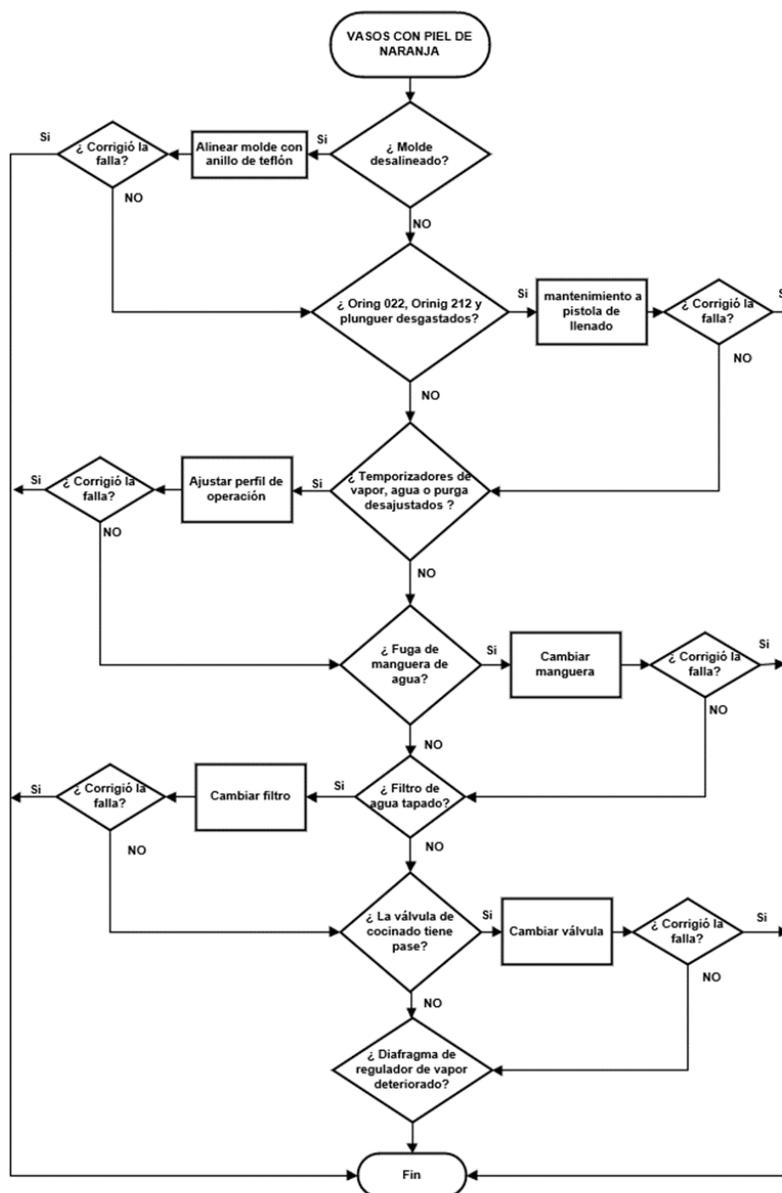
HERRAMIENTAS, EQUIPOS Y MATERIALES

- Una llave Allen de 3/16"
- Una llave combinada de 7/16", 1/2", 9/16", 5/8", 11/16" y 3/4"

SEGURIDAD E IGIENE INDUSTRIAL

- Gafas de seguridad
- Botas de seguridad
- Gorro cubre cabello
- Protectores auditivos
- Uniforme de trabajo

	<p>Vaso con piel naranja</p>	<p>Fecha: 2023/13/06</p> <p>No. De revisiones 2</p> <p>Página 2 de 2</p>
<p>Elaborado por</p>	<p>Yohan Fuentes</p>	<p>P04-E02</p>



	Vaso con porosidad	Fecha: 2023/13/06 No. De revisiones 2 Página 1 de 2
Elaborado por	Yohan Fuentes	P04-E02

RIESGO DE LA MÁQUINA

No ponga sus manos donde pueda la máquina causarle daño con una de sus funciones rutinarias.

Al momento de cambiar los moldes asegúrese de que la máquina tenga la palanca de seguridad colocada y las guardas de la misma y que la válvula de vapor este cerrado.

RIESGO ELECTRICO

No tiene riesgo eléctrico porque no tiene contacto con el tablero eléctrico

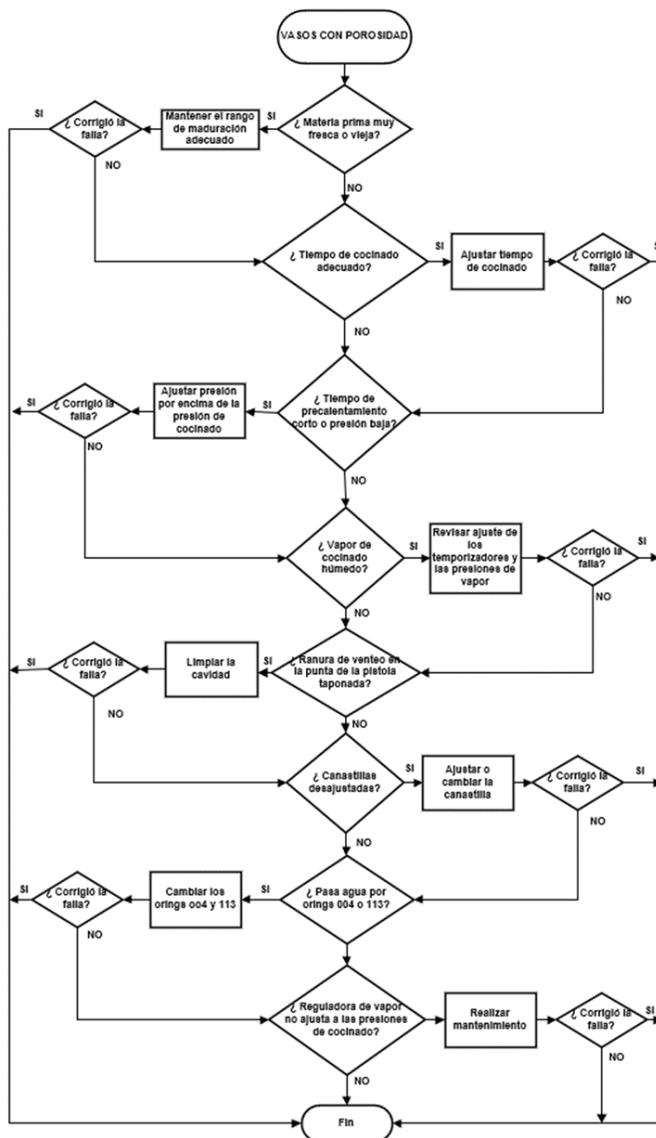
HERRAMIENTAS, EQUIPOS Y MATERIALES

- Una llave Allen de 3/16"
- Una llave combinada de 7/16", 1/2", 9/16", 5/8", 11/16" y 3/4"

SEGURIDAD E IGIENE INDUSTRIAL

- Gafas de seguridad
- Botas de seguridad
- Gorro cubre cabello
- Protectores auditivos
- Uniforme de trabajo

	<p>Vaso con porosidad</p>	<p>Fecha: 2023/13/06 No. De revisiones 2 Página 2 de 2</p>
<p>Elaborado por</p>	<p>Yohan Fuentes</p>	<p>P04-E02</p>



	Vaso con borde grueso	Fecha: 2023/13/06 No. De revisiones 2 Página 1 de 2
Elaborado por	Yohan Fuentes	P04-E02

RIESGO DE LA MÁQUINA

No ponga sus manos donde pueda la máquina causarle daño con una de sus funciones rutinarias.

Al momento de cambiar los moldes asegúrese de que la máquina tenga la palanca de seguridad colocada y las guardas de la misma y que la válvula de vapor este cerrado.

RIESGO ELECTRICO

No tiene riesgo eléctrico porque no tiene contacto con el tablero eléctrico

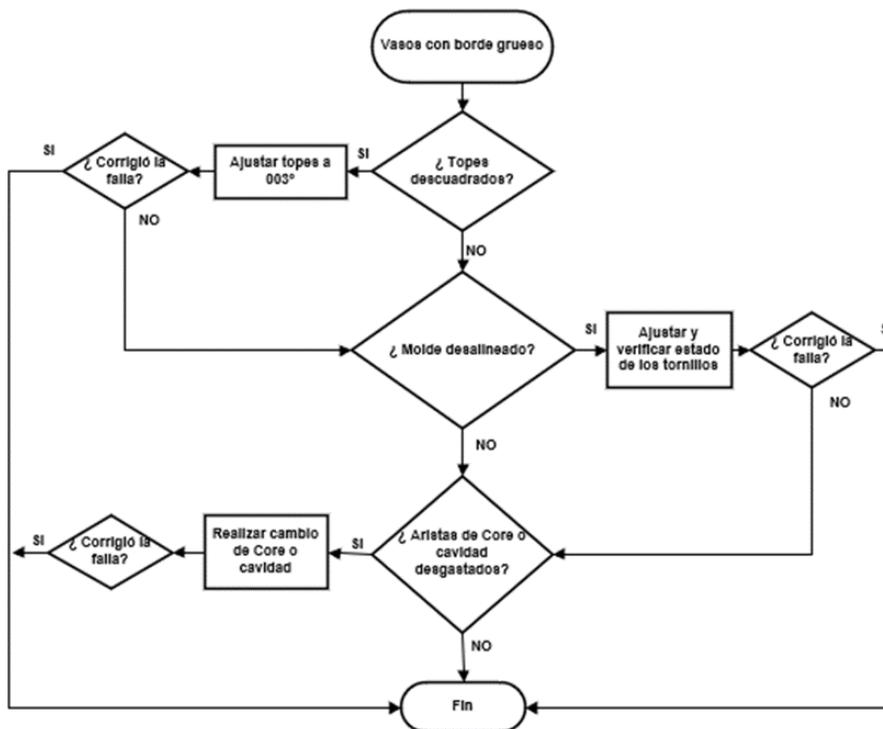
HERRAMIENTAS, EQUIPOS Y MATERIALES

- Una llave Allen de 3/16"
- Una llave combinada de 7/16", 1/2", 9/16", 5/8", 11/16" y 3/4"

SEGURIDAD E IGIENE INDUSTRIAL

- Gafas de seguridad
- Botas de seguridad
- Gorro cubre cabello
- Protectores auditivos
- Uniforme de trabajo

	<p>Vaso con borde grueso</p>	<p>Fecha: 2023/13/06</p> <p>No. De revisiones 2</p> <p>Página 2 de 2</p>
<p>Elaborado por</p>	<p>Yohan Fuentes</p>	<p>P04-E02</p>



5. Definir estrategias para aplicar el TPM

5.1 Programas de educación y formación

Se propone una capacitación inicial a todos los operadores y mecánicos de la planta ya que ellos son los encargados del mantenimiento y la funcionabilidad de las máquinas. inicialmente se capacitarán tres operarios máximos por turno para no afectar la producción. Los temas que conformaran la capacitación son:

- Concepto de TPM
- Objetivos del proyecto
- Mantenimiento autónomo
- Mantenimiento de calidad
- Procedimiento para llevar acabo un mantenimiento

Los responsables para entrenar al personal son la encargada de seguridad la cual les hablara sobre los riegos que conllevan manipular una máquina, la inspectora de calidad la cual les hablara sobre los defectos que presentan los productos a la hora de ser empacados y el ingeniero de procesos que les indicara los ítems que se evaluaran todos los días con el fin de optimizar la producción.

5.1.1 Reunión con gerencia y jefe de planta

Se expondrá el diseño del plan de mantenimiento y el rol que cumple la gerencia en el proyecto. En esta reunión se tratarán temas como el concepto, objetivos del proyecto, costos provocados por fallas imprevistas y tiempo que conlleva realizar el mantenimiento.

5.2 Charla con el personal encargado de mantenimiento

Con el fin de mejorar la eficiencia de las máquinas y garantizando la efectividad del proyecto, esta charla tiene como objetivo concientizar al personal de mantenimiento y producción de la importancia que tiene el mantenimiento autónomo dentro del TPM y la empresa. Esta charla será impartida por el ingeniero de proceso quien también mostrara un formato de fallas en el cual se podrá plasmar a detalla cada falla presentada en la máquina y el tiempo de duración en repararla, para así tener un control sobre la falla y generar planes de acción para contrarrestarla, el ingeniero explicara a detalle el formato, su objetivo y como se debe de llenar correctamente, esta prueba tendrá un periodo de tiempo de 1 mes y posteriormente se evaluará su efectividad.

5.3 Formación de líder

La persona que mejor desempeño ofrezca en la prueba inicial en cada uno de los turnos, será designada como líder y tendrá la función de vigilar a detalle lo que pasa con la producción, las máquinas y será el responsable de ejecutar el TPM. Esta persona tendrá que entregar un informe al terminar el turno al supervisor de la planta sobre todas las novedades presentadas. Cada operador de producción tendrá que informarle sobre las novedades presentadas en las máquinas. Las funciones del líder del TPM serán: planear y apoyar en la instalación del TPM, desarrollar y conducir el entrenamiento, dar asistencia en el desarrollo y ejecución del entrenamiento de habilidades, mantener un inventario de habilidades, medir los avances y éxitos y proveer el enlace con el comité directivo.

5.4 Motivación

Es importante tener al personal motivado para que así puedan rendir positivamente en las diferentes áreas y por lo tanto aumentar su productividad en la compañía. Es por esta razón que se propone crear expectativa en el personal sobre la puesta en marcha del TPM.

Los efectos que el TPM tiene en los empleados, según Hartmann son: Orgullo, mayor satisfacción laboral, mejoramiento de trabajo en equipo, mejoramiento de habilidades, mayor sentido de pertenencia y mejoramiento del ambiente laboral. Estos son los objetivos que se espera alcanzar con la motivación a los empleados.

Es por eso que los operadores que mejor resalten en la ejecución del TPM se exaltarán en el boletín mensual de la empresa, donde todos los trabajadores en general de todas las plantas tendrán la oportunidad de saber quién son los operadores que mejor desempeño han tenido en la ejecución del plan de mantenimiento.

6. Anexos

1. Anexo 1. Grafica de confiabilidad y probabilidad de falla del O 'ring 004.

Figura 14. Distribución de Weibull para el O 'ring 004

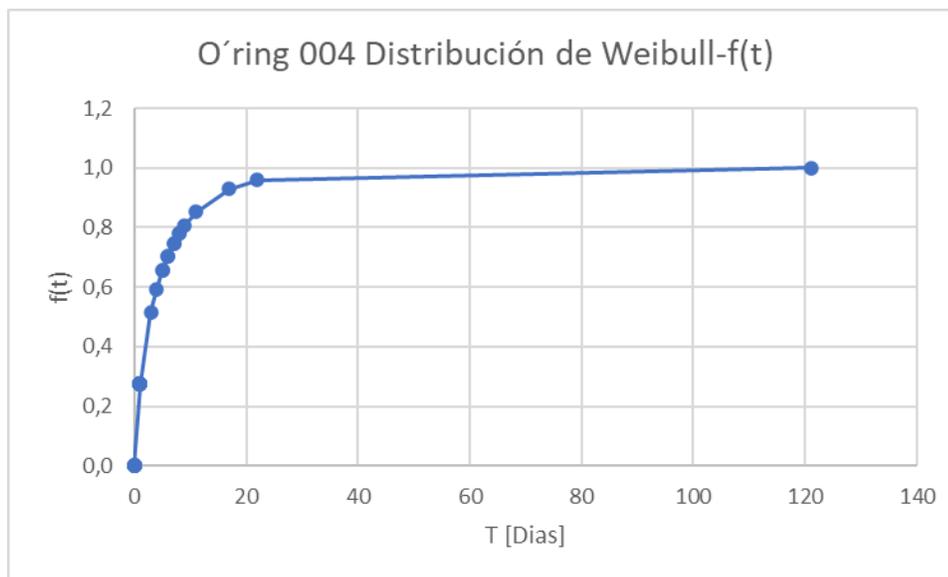
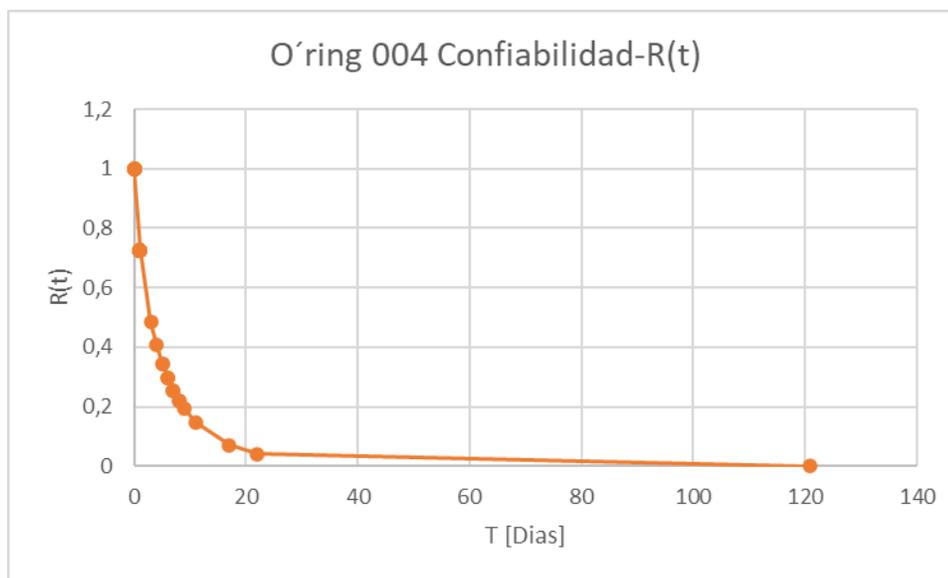
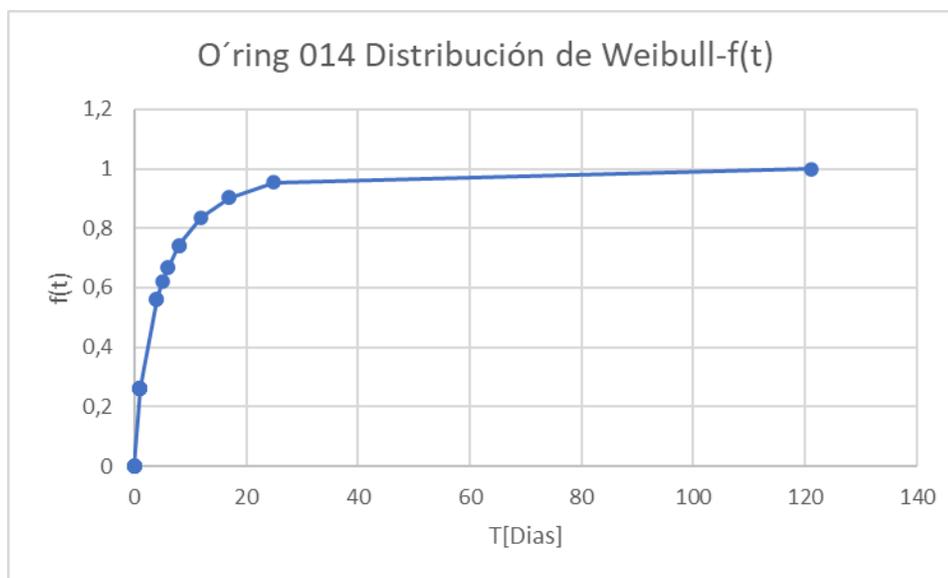
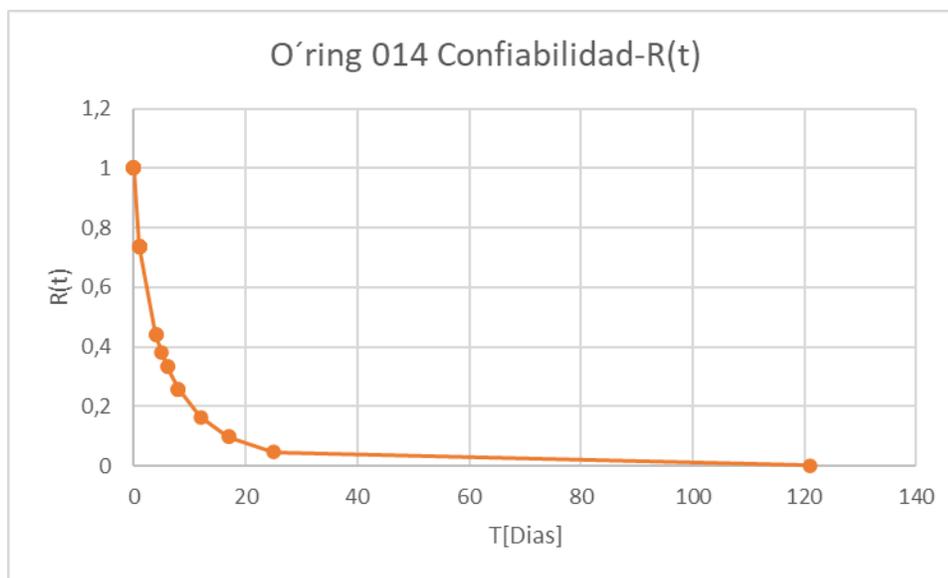


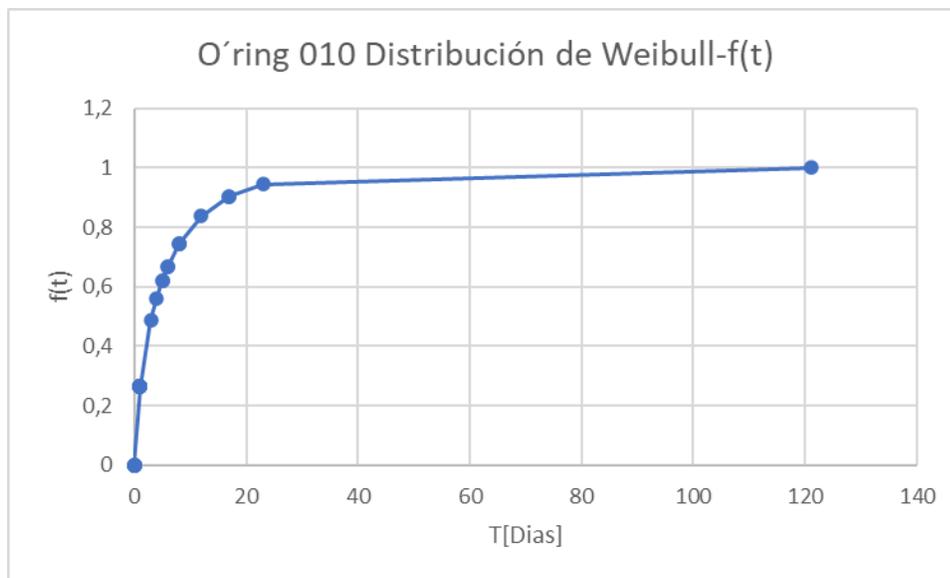
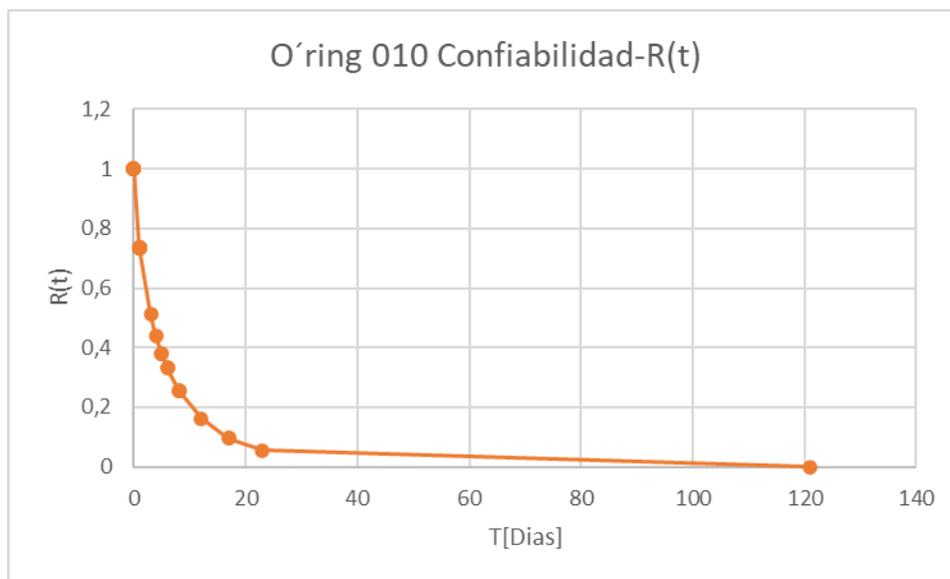
Figura 15. Confiabilidad del O 'ring 004



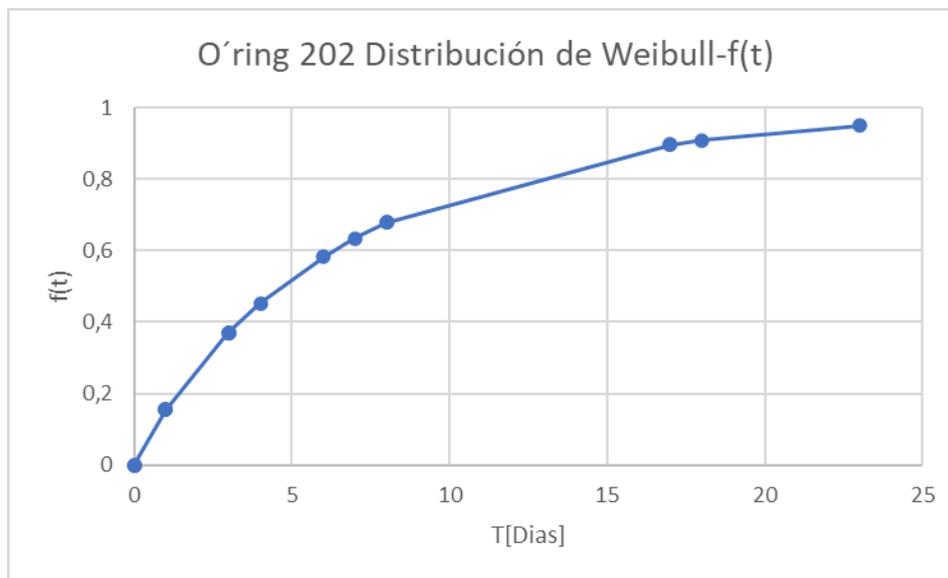
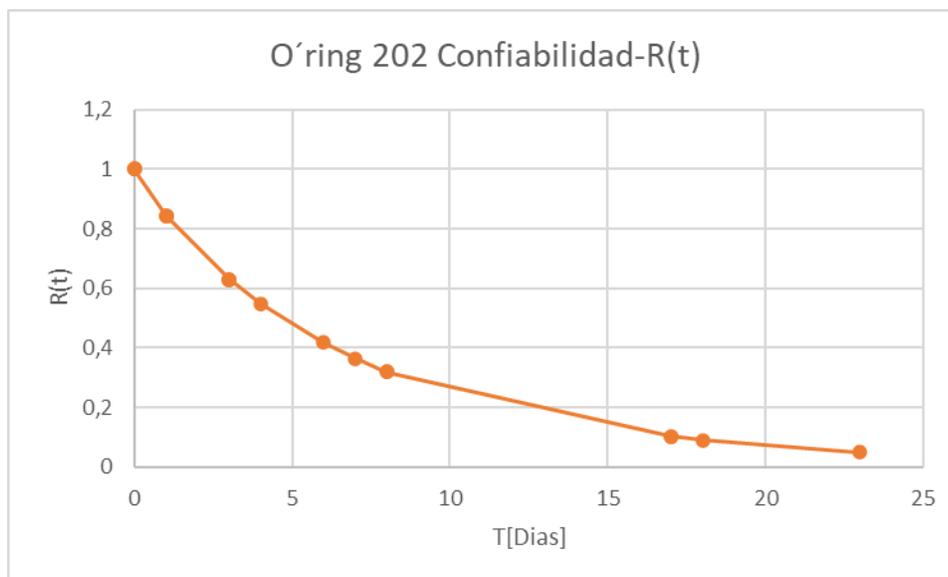
2. Anexo 2. Grafica de confiabilidad y probabilidad de falla del O 'ring 014.

Figura 16. Distribución de Weibull para el O 'ring 014**Figura 17.** Confiabilidad del O 'ring 014

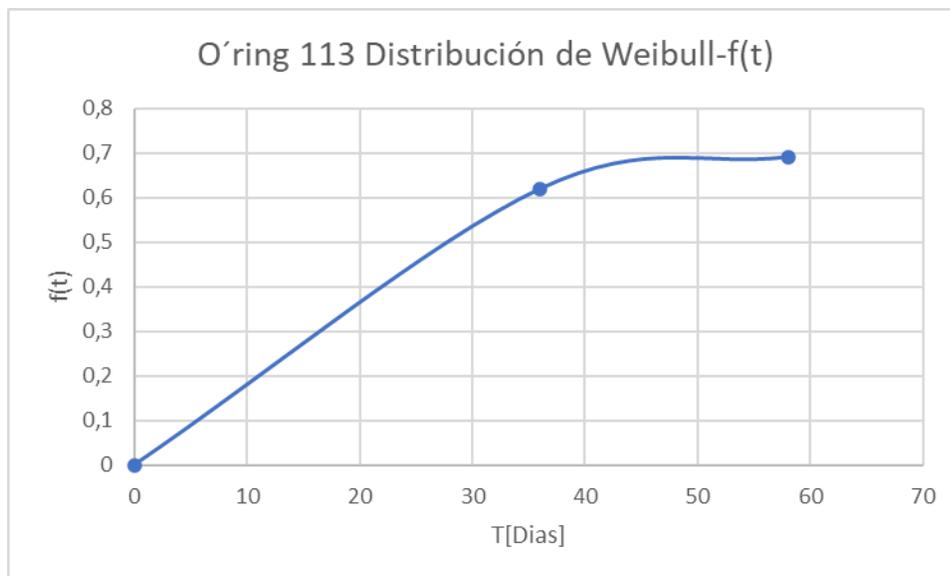
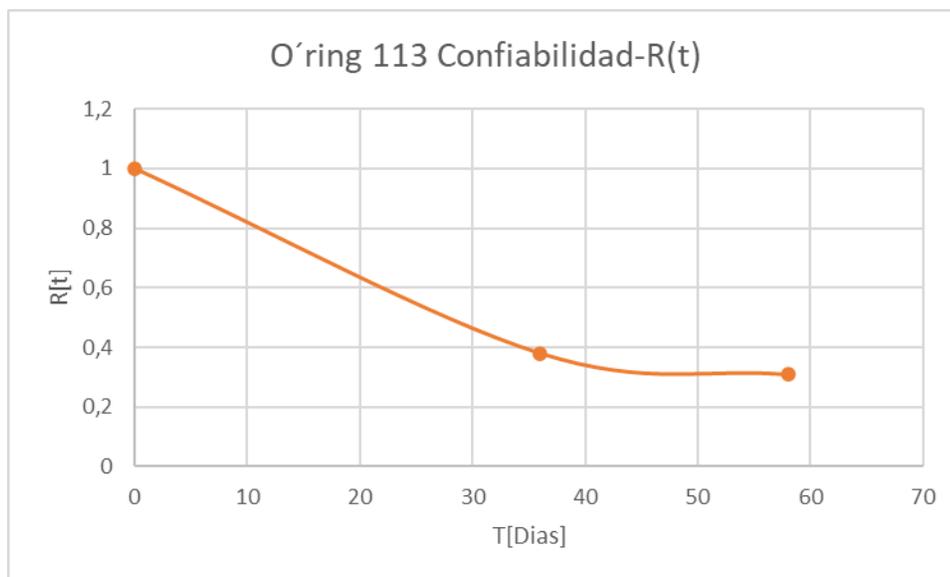
3. Anexo 3. Grafica de confiabilidad y probabilidad de falla del O 'ring 010.

Figura 18. Distribución de Weibull para el O 'ring 010**Figura 19.** Confiabilidad del O 'ring 010

4. Anexo 4. Grafica de confiabilidad y probabilidad de falla del O 'ring 202.

Figura 20. Distribución de Weibull para el O 'ring 202**Figura 21.** Confiabilidad del O 'ring 202

5. Anexo 5. Grafica de confiabilidad y probabilidad de falla del O 'ring 202.

Figura 22. Distribución de Weibull para el O 'ring 113**Figura 23.** Confiabilidad del O 'ring 113

7. Recomendaciones

Considerando el objetivo de la empresa es elaborar un mantenimiento preventivo a cada máquina en periodo de tiempo de 3 meses, es necesario buscar aumentar el MTTF de los mismos. En este caso, de acuerdo con los modos de falla analizados es posible plantear lo siguiente.

- Se sugiere realizar pruebas con material que ofrezca mayor resistencia al vapor. En este material debe tener certificación FDA (apto para industria de alimentos). Se propusieron materiales que tienen mejor comportamiento ante las condiciones de operación de las máquinas como el EPDM (Ethylene Propylene Diene Monomer) que podrían probarse como sustituto de los O´ ring de silicona. Se evaluarán los siguientes aspectos al posible nuevo material
 1. El desempeño del O´ ring en la máquina: Cumpla la función de sellado.
 2. Calidad: El nuevo material cumpla con los estándares de calidad requeridos en la producción
 3. Confiabilidad: deberá ofrecer mejor confiabilidad, estos es que deberá cumplir su función de sellado en un intervalo mayor de tiempo
 4. Ensamblaje: deberá requerir las mismas condiciones de montaje que se aplican actualmente
 5. Costo: Se evaluará el costo de adquisición, deberá ser menor o igual al costo de los usados actualmente.

8. Conclusiones

Se diagnosticó la situación actual de mantenimiento mediante la distribución de Weibull y los parámetros η y β , permitiendo seleccionar acertadamente las componentes críticas de los moldes, los cuales deben ser incluidos en los programas de mantenimiento preventivo y calidad.

Se establecieron los pilares de mantenimiento preventivo (planificación y calidad) elaborando procedimientos de mantenimiento preventivo que les permiten a los operadores tener una guía de los trabajos que deben realizar en cada máquina, así mismo contienen información específica de cada equipo para garantizar la seguridad y la calidad.

Se elaboró el diseño del mantenimiento utilizando el TPM, permitiendo elaborar una lista de actividades eficientes, estandarizando el tiempo requerido para cada actividad.

9. Cronograma de actividades.

Para llevar a cabo las actividades propuestas, se destinaron semanas de trabajos, que comprende desde la primera semana de marzo hasta la cuarta semana de julio. En el cronograma de actividades o diagrama de Gantt, se organizó estas actividades y se les destinó un periodo de tiempo para cumplirlas.

Tabla 10.*Cronograma de actividades*

Actividades	Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
OBJETIVO I: Realizar un Diagnóstico de la situación actual en la empresa																								
Como está conformada la empresa.																								
Descripción del proceso y máquinas utilizadas.																								
Realzar una auditoría de las actividades de mantenimiento realizadas en las máquinas.																								
OBJETIVO II Establecer los pilares básicos del mantenimiento TPM (Mantenimiento de calidad y Mantenimiento planificado)																								
Realizar análisis de falla.																								
Diseño de Mantenimiento preventivo																								
Diseño de Mantenimiento de calidad.																								
OBJETIVO III Definir estrategias para implementar el (TPM)																								
Hacer que la comunidad se centre en prevenir todo tipo de falla para garantizar cero accidentes, cero fallas y cero defectos.																								
Garantizar la participación de todos, desde los empleados de la planta hasta la gerencia en la ejecución del método TPM																								

Nota. Cronograma de actividades con su respectiva fecha de elaboración.

10. Referencias

4.3 *Objetivos y Características de TPM.* (n.d.).

Alejandro, D., Pérez, S., Andrea, J., & Arias, L. (n.d.). *ESTRUCTURACIÓN DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) COMO HERRAMIENTA DE MEJORAMIENTO CONTINUO EN LA LÍNEA DE INYECCIÓN DE ALUMINIO FABRICA DE MOTORES Y VENTILADORES SIEMENS S.A.*

Braglia, M., Castellano, D., & Gallo, M. (2019). A novel operational approach to equipment maintenance: TPM and RCM jointly at work. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 25(4), 612–634. <https://doi.org/10.1108/JQME-05-2016-0018>

Cárcel Carrasco, F. J. (2016). CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS TPM Y RCM EN LA INGENIERÍA DEL MANTENIMIENTO. *3C Tecnología_Glosas de Innovación Aplicadas a La Pyme*, 5(3), 68–75. <https://doi.org/10.17993/3ctecno.2016.v5n3e19.68-75>

Kiran, D. R. (2022). Total productive maintenance. In *Principles of Economics and Management for Manufacturing Engineering* (pp. 167–178). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99862-8.00021-2>

Los aportes del EPS POLIESTIRENO EXPANDIDO para la economía circular. (n.d.). www.ecoplas.org.ar

M^a, J., & Del Pino, T. (n.d.). *NTP 331: Fiabilidad: la distribución de Weibull.*

Pascal, V., Toufik, A., Manuel, A., Florent, D., & Frédéric, K. (2019). Improvement indicators for Total Productive Maintenance policy. *Control Engineering Practice*, 82, 86–96. <https://doi.org/10.1016/j.conengprac.2018.09.019>

