

Universidad del Valle de Guatemala

Facultad de Ingeniería



Programa de mantenimiento preventivo para extrusora de plástico reciclado.

Trabajo de graduación presentado por Diego Josemaria Aguirre Segura
para optar por el grado académico de Licenciado en
Ingeniería Mecánica.

Guatemala

2020

Universidad del Valle de Guatemala

Facultad de Ingeniería



Programa de mantenimiento preventivo para extrusora de plástico reciclado.

Trabajo de graduación presentado por Diego Josemaria Aguirre Segura
para optar por el grado académico de Licenciado en
Ingeniería Mecánica.

Guatemala

2020

Vo.Bo.:


(f)  _____

Ing. Gustavo Adolfo Barrera Noriega

Tribunal Examinador:

(f)  _____

Ing. Víctor Hugo Ayerdi Bardales

(f)  _____

Ing. Andrés Rodrigo Viau Najarro

(f)  _____

Ing. Gustavo Adolfo Barrera Noriega

Fecha de aprobación del examen de graduación:

Guatemala, 8 de diciembre de 2020

Índice

Índice	i
Listado de cuadros	v
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. Introducción	1
II. Objetivos	3
A. Objetivo general	3
B. Objetivos específicos.....	3
III. Justificación	4
IV. Marco teórico.....	5
A. Extrusión de polímeros.....	5
B. Extrusora de plástico reciclado.....	5
C. Mantenimiento de extrusoras.....	9
D. Mantenimiento de equipo mecánico.....	10
E. Mantenimiento de equipo eléctrico	12
F. Mantenimiento del panel de control	13
G. Solución de problemas.....	15
H. Degradación de polímeros	16
I. Causas de inestabilidad en la extrusión	17
V. Metodología	19
A. Determinación de sistemas y elementos de la extrusora	19
B. Aplicación de mantenimiento centrado en la confiabilidad	19
C. Implementación de un sistema de seguridad eléctrico	21

VI.	Resultados	23
VII.	Análisis de resultados	39
VIII.	Conclusiones	41
IX.	Recomendaciones	42
X.	Referencias.....	43
XI.	Anexos	44
	Anexo 1. Manual de operación – OM1-EP	61
	Prefacio	62
	Seguridad	63
	Lineamientos generales.....	63
	Personal	63
	Requisitos del personal.....	63
	Elementos de seguridad.....	64
	Guía Sistema mecánico.....	65
	Guía Sistema eléctrico	69
	Instrucciones de operación general.....	72
	Guía para el sistema de mantenimiento.....	74
	Guía de fallas.....	75
	Guías de causas de falla	76
	Guías de programación.....	84
	Guías de actividades de mantenimiento	92
	Programación de actividades de mantenimiento	94
	Anexo 2. Manual de mantenimiento – MM1-EP	96
	Prefacio	97

Seguridad	98
Lineamientos generales	98
Personal	98
Requisitos del personal.....	98
Elementos de seguridad.....	99
Sistemas	100
Sistema mecánico	101
Motor WEG 3HP.....	101
Caja reductora Bonfiglioli C412	105
Acople mecánico	112
Tolva de alimentación.....	114
Tornillo de extrusión	115
Dado de extrusión.....	117
Molde de extrusión.....	119
Herramienta de contrapresión	120
Sistema eléctrico	121
Tablero eléctrico.....	121
Variador de frecuencia	123
Relé solido.....	124
Breaker de 10 amperios.....	125
Resistencia eléctrica	126
Control de temperatura.....	127
Aspectos generales.....	128
Herramientas	128
Anexo 3. Diagrama eléctrico	129

Listado de figuras

Figura 1: Extrusora de plástico reciclado	6
Figura 2. Distribución de ocurrencia de falla según causa.....	25
Figura 3. Distribución de detección de causa según falla	26
Figura 4. Distribución de impacto del efecto de causa según falla	27
Figura 5. Panel eléctrico antes de intervención.....	36
Figura 6. Panel eléctrico abierto con botón de emergencia en posición predeterminada	37
Figura 7. Panel eléctrico cerrado con botón de emergencia en posición modificada	38

Listado de cuadros

Cuadro 1. Requisitos funcionales de extrusora de plástico reciclado	8
Cuadro 2. Requisitos operativos de extrusora de plástico reciclado	8
Cuadro 3. Limitantes de extrusora de plástico reciclado	9
Cuadro 4. <i>AGMA Lubricant Number Recommendations for Enclosed Helical, Herringbone, Straight Bevel, Spiral Bevel, and Spur Gear Drives</i>	11
Cuadro 5. Distribución de sistemas y elementos de la extrusora	23
Cuadro 6. Guía de fallas	24
Cuadro 7. Determinación de tipo de tarea de mantenimiento	28
Cuadro 8. Clasificación de actividades según tipo de tarea de mantenimiento del código de falla 1	29
Cuadro 9. Clasificación de actividades según tipo de tarea de mantenimiento del código de falla 2	30
Cuadro 10. Clasificación de actividades según tipo de tarea de mantenimiento del código de falla 3	31
Cuadro 11. Clasificación de actividades según tipo de tarea de mantenimiento del código de falla 4	32
Cuadro 12. Clasificación de actividades según tipo de tarea de mantenimiento del código de falla 5	32
Cuadro 13. Clasificación de actividades según tipo de tarea de mantenimiento del código de falla 6	33
Cuadro 14. Clasificación de actividades según tipo de tarea de mantenimiento del código de falla 7	33
Cuadro 15. Clasificación de actividades según tipo de tarea de mantenimiento del código de falla 8	34
Cuadro 16. Clasificación de actividades según tipo de tarea de mantenimiento del código de falla 9	34
Cuadro 17. Guía de fallas caja reductora Bonfiglioli	45

Cuadro 18. Guía de fallas motor WEG W22	46
Cuadro 19. Rango de probabilidad de ocurrencia de falla	47
Cuadro 20. Rango de detección de falla.....	48
Cuadro 21. Impacto del efecto de falla en sistema.....	49
Cuadro 22. Programación de actividades	50
Cuadro 23. Referencia de modo de falla en manual de mantenimiento.....	52

Resumen

Se determinó e implementó un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM). Se desarrolló el sistema de mantenimiento para una extrusora de plástico reciclado que procesará propileno y polietileno de alta densidad. Se clasificaron los componentes de la extrusora según el tipo de sistema al que pertenece. Se determinaron las fallas de operación posibles de la extrusora. Estas fallas se clasificaron según su ocurrencia, detectabilidad y severidad. Para cada falla y clasificación se determinaron causas de falla y actividades específicas por realizar para preservar la integridad y operación de la extrusora. Las actividades fueron planificadas en función de diferentes plazos de tiempo. La información obtenida se estructuró y distribuyó en dos manuales. Un manual de mantenimiento que contiene la información de las actividades específicas por desarrollar ante cada causa de falla posible. Dentro de las causas de falla, 28% de estas tienen la más alta probabilidad de ocurrencia, 72% pueden ser detectadas por el usuario y 60% tienen un impacto de falla crítico tanto para la extrusora como para el usuario. El manual de operación que contiene la programación e información necesaria para determinar las fallas del sistema y realizar las acciones necesarias para preservar la integridad de la extrusora. Además, el manual de operación provee al usuario con la información necesaria para llevar a cabo los pasos del procedimiento de extrusión. Para completar el sistema de seguridad, se implementó un botón de paro de emergencia y se realizó un recableado del panel eléctrico.

Abstract

A Reliability Centered Maintenance (RCM) program was determined and implemented through the design and execution of a maintenance system. The maintenance system was developed for a recycled plastic extruder. The extruder was classified in systems and components. Functional failures were determined for each system and several components. The functional failures were classified according to their likelihood of occurrence, likelihood of detection, and severity of impact. Specific activities to preserve the integrity and performance of the extruder were determined. These activities were programmed according to different time intervals. The gathered information was structured and distributed in two manuals. A maintenance manual that contains the information of the specific activities that must be conducted and an operation manual that contains the programming and necessary information to determine failures. The causes of failure for each functional failure were determined and classified. 28% of the causes of failure have the most likelihood of occurrence. 72% of the causes of failure are in the range of likelihood of detection that allows them to be detected by the user. 60% of the causes of failure could represent a critical failure that can endanger the user and the extruder. The operation manual also contains the steps required to conduct a safe and optimum extrusion procedure. To complete and complement the security system, an emergency stop button was installed. A rewiring of the electrical panel was also conducted to improve safety.

I. Introducción

El plan de mantenimiento desarrollado consiste en el diseño, clasificación, distribución e implementación de un sistema de gestión de mantenimiento. Este sistema fue elaborado según las especificaciones y requisitos a nivel de componente de la extrusora de plástico reciclado propiedad del laboratorio de innovación social Perpendicular. Para esto, se elaboró un manual de operación y un manual de mantenimiento. Además, se complementó el sistema de gestión de mantenimiento por medio de la mejora de la seguridad eléctrica de la extrusora.

La finalidad del plan de mantenimiento es la de proveer al usuario con las habilidades necesarias para evaluar componentes y determinar las acciones que se deben tomar para preservar la integridad de la extrusora. Inicialmente, esto implicaba proveer al usuario con una serie de pasos y procedimientos para diagnosticar y reparar los componentes que conforman la extrusora. Este enfoque resultaría en un proceso altamente demandante en tiempo, tanto por el contenido y conceptos que se deben incluir como por las pruebas con usuarios que se deben realizar. Esto último representa una barrera en el proceso debido a la pandemia de Covid-19 y las medidas de seguridad tomadas para evitar el contagio y propagación de este.

Se buscó realizar un plan que mantenga la integridad de la extrusora por medio de la ejecución de actividades de mantenimiento específicas. El enfoque del sistema de mantenimiento se centró en la determinación de las condiciones de operación y funcionamiento necesarias para un desempeño óptimo. Esto se logró por medio del establecimiento de casos extremos de rendimiento. En complemento a estos casos, se agregó información de buenas prácticas encontradas en diversos manuales de mantenimiento de extrusoras comerciales.

El manual de mantenimiento le otorga al usuario la información necesaria para que pueda evaluar la integridad de la máquina. En componentes pertenecientes al sistema mecánico se colocó información más detallada para diversas situaciones. Esto se hizo basado en teoría de procedimientos del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) y según la disponibilidad de información de los componentes por parte de los fabricantes. Para el resto de los componentes, independientemente del sistema al que pertenecieran, se colocó únicamente información general y lineamientos a seguir para verificar la integridad de estos. Esta información por limitada que pueda parecer atiende a los requisitos de entendimiento del usuario de la extrusora. Ya que sus acciones están limitadas a evaluar el componente y decidir si es funcional o si requiere de un reemplazo o reparación por un técnico especializado.

Para complementar el sistema de mantenimiento, se mejoró la seguridad eléctrica de la extrusora. Esto se realizó por medio del recableado del panel eléctrico y de la instalación de un dispositivo eléctrico de paro de emergencia. De esta forma se buscó la manera de mejorar la seguridad de operación del usuario. En caso de emergencia se puede

parar la operación de la máquina de manera inmediata. Así mismo, el recableado permite al usuario enfocarse únicamente en los pasos a seguir para llevar a cabo un proceso de extrusión correcto y seguro.

II. Objetivos

A. Objetivo general

1. Implementar un sistema de gestión de mantenimiento óptimo que permita la correcta operación de la extrusora de plástico reciclado del laboratorio de innovación social “Perpendicular”.

B. Objetivos específicos

1. Determinar el plan de mantenimiento que sea más adecuado para el nivel de operación de la extrusora.
2. Describir y determinar las actividades rutinarias (operativas) y no rutinarias (técnicas) de operación mediante una matriz de criticidad por falla funcional.
3. Realizar un programa de capacitación y evaluación de actividades rutinarias de mantenimiento y operación para el operador.
4. Implementar un sistema de seguridad eléctrico y reordenar el cableado eléctrico del panel de control de la extrusora.

III. Justificación

El laboratorio de innovación social “Perpendicular” busca la manera de establecer un proceso rentable de reciclaje de plástico. Para ello, tienen como guía al movimiento Precious Plastic. Este busca reducir los desechos de plástico por medio de su reutilización y transformación en productos de consumo.

A largo plazo, el movimiento tiene como finalidad establecer un ecosistema de reciclaje que involucre a la comunidad en dos procesos principales: recolección y transformación. Perpendicular ha logrado establecer un centro de recolección de plástico en el que se obtienen aproximadamente 10kg semanales de desechos de plástico.

El proceso de transformación puede variar dependiendo del alcance que tenga la operación. Actualmente Perpendicular cuenta con una trituradora, una inyectora y una extrusora. Esta última máquina fue diseñada y fabricada como resultado de un proyecto de graduación trabajado previamente.

Perpendicular busca que esta actividad sea rentable. Para esto cuentan ya con los materiales y la maquinaria para su transformación; sin embargo, a largo plazo se debe garantizar la sostenibilidad de la operación tanto de manera económica como técnica. Para la sostenibilidad técnica de la operación se debe buscar mantener la integridad de sus activos.

El problema de Perpendicular radica en que no tienen establecido como mantener la integridad de su extrusora. Además, desconocen los procedimientos, actividades y componentes necesarios para garantizar un correcto mantenimiento. Esto puede resultar en una solución poco costo-efectiva y que no pueda mantener la integridad de la extrusora a largo plazo.

Este proyecto tiene como finalidad seleccionar, diseñar e implementar un sistema de gestión de mantenimiento óptimo para la extrusora. Se busca que la implementación del sistema sirva como marco de referencia para comenzar con los debidos procesos de mantenimiento. Además, se busca que, siguiendo estos lineamientos y procedimientos enfocados en la extrusora, sus capacidades y las limitantes dadas por el perfil del usuario, se pueda preservar el activo durante el máximo periodo de tiempo posible.

IV. Marco teórico

A. Extrusión de polímeros

1. Extrusora de tornillo

El elemento más importante de la extrusora es su tornillo y el diseño que tiene. Este elemento es el que establece la calidad y la razón de fundición de la extrusora. De manera general, una extrusora tiene tres acciones de funcionamiento principales:

- Alimentación
- Compresión
- Medición

2. Operación básica

El proceso de extrusión en una extrusora de tornillo simple comienza con el ingreso de la materia prima en el sistema de alimentación. Esta materia prima puede ser sólida; en esta forma se conocen comúnmente como pellets, o en forma de polvo. El elemento por el que ingresa a la máquina se conoce como tolva de alimentación. (Wagner Jr, y otros, 2012)

La materia prima sólida ingresa al elemento de compresión; el tornillo, en este aumentan su presión y el proceso de fundición del material comienza. Conforme avanza el material en el tornillo de la extrusora, aumenta la presión y la fundición de este. (Wagner Jr, y otros, 2012)

Dentro del sistema de compresión, es necesario describir la presencia de dos elementos: elementos de adición de calor y elementos motrices. Los elementos de adición de calor son resistencias, los elementos motrices se componen de un motor y una caja reductora. (Wagner Jr, y otros, 2012)

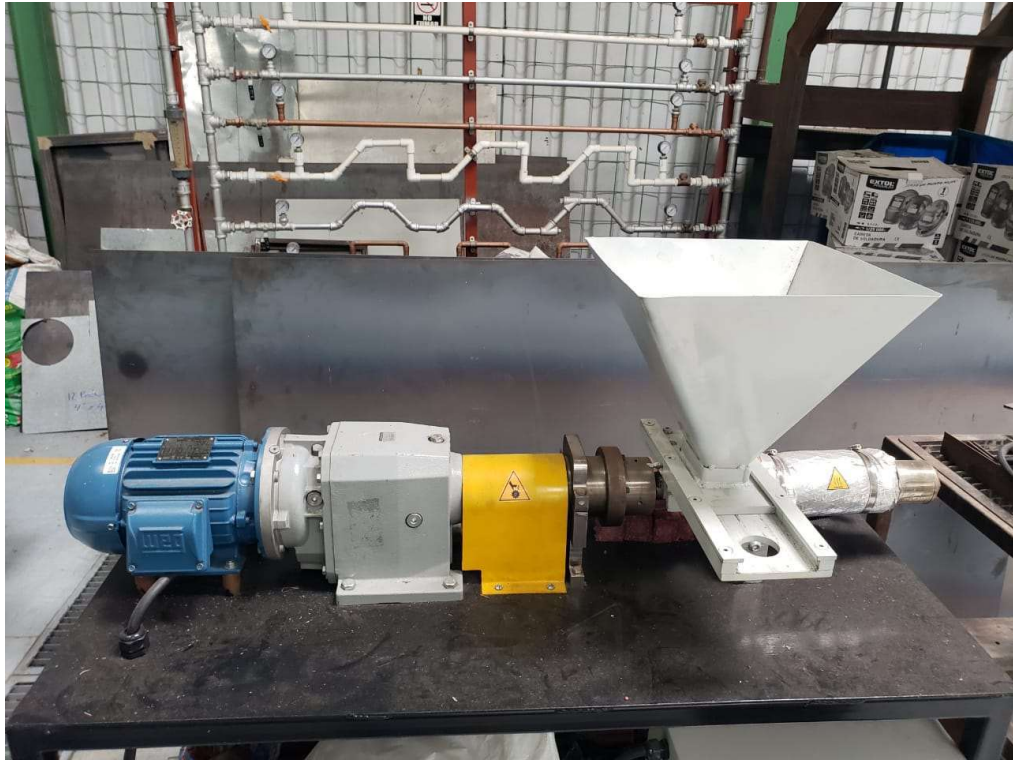
Las resistencias aumentan de temperatura al material conforme avanza a través del tornillo. El avance se logra a través de la unión entre el motor de inducción y la caja reductora. El aumento de presión se realiza por medio del diseño del tornillo, en el cual se tendrá una variación de volumen a lo largo de todo el recorrido. (Wagner Jr, y otros, 2012)

B. Extrusora de plástico reciclado

La extrusora de plástico de la organización “Perpendicular” fue fabricada para responder a las necesidades de procesamiento de desperdicios de plástico recolectados semanalmente. Estos plásticos son de diverso tipo, entre estos se encuentra el propileno y

el polietileno de alta densidad. En función a la disponibilidad de estos dos tipos de plástico se diseñó la extrusora.

Figura 1: Extrusora de plástico reciclado



Fuente: (Elaboración propia)

El modelo que se tiene pensado para la máquina es el de alquilarla. La materia prima de la extrusora vendrá de plástico reciclado recolectado semanalmente. Para su operación, se tienen previstos dos escenarios que van en función de las opciones que presenta la organización “Perpendicular”. El primer caso, supone el alquiler de las máquinas por 20 días al mes. El segundo caso supone el alquiler de las máquinas por 14 días al mes. En ambos casos, se espera una utilización de 8 horas diarias.

1. Requisitos de la extrusora

La extrusora fue diseñada para atender a las necesidades de la organización Perpendicular. Estas necesidades fueron filtradas inicialmente basados en dos tipos de requerimientos; de carácter eléctrico y de transmisión de potencia.

Requerimientos del sistema eléctrico:

- La máquina debe operar a 220 voltios en una corriente monofásica.
- La corriente del sistema no puede exceder los 60 amperios.
- Los componentes eléctricos deben utilizar sujeciones no permanentes.

- Todos los componentes eléctricos deben poder comprarse en Guatemala.
- La instalación eléctrica debe ser ordenada y fácil de entender.
- La máquina debe contar con dispositivos de seguridad que protejan al usuario durante la operación o mantenimiento de los componentes eléctricos de esta.
- El sistema eléctrico debe ser capaz de transmitir una potencia de 2 hp.
- El sistema debe tener la capacidad de transmitir 1200 watts de potencia térmica.
- El sistema debe ser capaz de transmitir 500 watts en la boquilla de extrusión.
- Requerimientos del sistema de transmisión de potencia:
- Los componentes de transmisión de potencia deben utilizar sujeciones no permanentes.
- Todos los componentes de transmisión de potencia deben poder comprarse en Guatemala.
- La máquina debe contar con dispositivos de seguridad que protejan al usuario durante la operación o mantenimiento de los componentes de transmisión de potencia de esta.
- El sistema debe ser capaz de transmitir una potencia mínima de 2 hp.
- El sistema debe ser capaz de lograr una velocidad angular variable para los diferentes tipos de plástico.
- El sistema debe permitir un rango de velocidad angular entre 45-56 revoluciones por minuto.

2. Requisitos funcionales

Estos requisitos, según la ingeniería de sistemas fueron codificados de manera que respondan a las necesidades planteadas por Perpendicular. Estos requisitos aseguran que independientemente del diseño físico, se tiene un control de expectativas en cuanto a las funciones de la máquina.

Cuadro 1. Requisitos funcionales de extrusora de plástico reciclado

Código	Requerimiento	Módulo	Verificación
FSE-01	El sistema de extrusión debe de ser construido con materiales resistentes a la corrosión y a las altas temperaturas	SE	E
FSE-02	Debe ser capaz de extruir 50 libras diarias de plástico	SE	A y P
FSE-03	El acople entre el sistema de extrusión y el sistema de transmisión de potencia debe de estar sujeto con elementos de sujeción no permanentes.	SE	D y E
FSE-04	El husillo extrusor debe de tener una vida útil de 4000 horas	SE	A
FISE-01	Se debe de trabajar con corriente monofásica (220 V)	ISE	E
FISE-02	El sistema de transmisión debe ser capaz de transmitir 2 hp hacia el husillo extrusor a 56 RPM.	ISE	E y P
FEET-01	La estructura de la extrusora debe ser capaz de soportar un peso máximo de 300 libras.	EET	A
FEET-02	La estructura debe soportar las vibraciones generadas por el sistema extrusor.	EET	A y P
FEET-03	La sujeción de la estructura con el sistema de extrusión y el sistema de transmisión de potencia debe de ser con elementos de sujeción no permanentes.	EET	R y E
FEET-04	El análisis de transferencia de calor debe de asegurarse que se podrá fundir los distintos tipos de plástico.	EET	A y P
FMM-01	Definir las condiciones de operación de la máquina extrusora	MM	P

Fuente: (Villafuerte, 2019)

3. Requisitos operativos

Cuadro 2. Requisitos operativos de extrusora de plástico reciclado

Código	Requerimiento	Módulo	Verificación
OT-01	Mantenimiento de la máquina extrusora debe de poder realizarse en las oficinas del grupo PPGT	Todos	E
OT-02	Todas las partes móviles deben de estar cubiertas y debidamente señaladas para que el usuario no pueda entrar en contacto con ellas.	Todos	E
OSE-01	Cámara de extrusión debe de ser fácil de desmontar para facilitar su limpieza y mantenimiento.	SE	D
OISE-01	En los manuales se debe encontrar las posibles causas de error de la máquina y que hacer para comprobarlas y repararlas.	ISE	E
OISE-02	En los manuales se debe encontrar el equipo de protección necesario para la utilización de la máquina.	ISE	E
OISE-03	Asegurarse que las conexiones del sistema eléctrico sean ordenadas, fáciles de entender y que no se encuentren expuestas al usuario.	ISE	D y E
OISE-04	Garantizar la seguridad del usuario evitando que estos puedan entrar en contacto con el aislante, que será de fibra de vidrio.	ISE	E
OEET-01	El sistema de extrusión debe contar con una tolva que sirva como mecanismo de seguridad para garantizar que los usuarios no estén en contacto con el husillo extrusor	EET	D y E
OMM-01	Permitir un montaje y desmontaje sencillo de las matrices de extrusión para que el proceso sea más eficiente y seguro para el usuario.	MM	D y P

Fuente: (Villafuerte, 2019)

4. Limitantes

Así como se atienden a las necesidades del usuario, también se establecen límites de operación para la misma. Estos límites son principalmente internos; basados en torno a recursos y consideraciones de diseño.

Cuadro 3. Limitantes de extrusora de plástico reciclado

Código	Requerimiento	Módulo	Verificación
LT-01	El espacio de la maquinaria no debe exceder 2m de largo, 1m de ancho y 1.2m de alto.	Todos	D
LT-02	El área de operación no debe de exceder los 3*3*2.2 (m)	Todos	D
LT-03	Debe de ser transportable en un pick up con palangana de 2.2m de largo y 1.6m de ancho	Todos	E
LT-04	La inversión debe de poder ser recuperada en menos de 2 años.	Todos	A
LT-05	Los elementos para construir la extrusora deben de adquirirse de proveedores de Guatemala.	Todos	E
LSE-01	Todos los elementos del sistema de extrusión deben de tener como mínimo un factor de seguridad de 2.	SE	A
LISE-01	Se debe poder trabajar todos los equipos con corriente monofásica (220V)	ISE	D y E
LEET-01	La estructura debe tener un factor de seguridad mínimo de 5 en su capacidad de carga.	EET	A

Fuente: (Villafuerte, 2019)

C. Mantenimiento de extrusoras

De mantenimiento se tienen varias preconcepciones que deben clarificarse. Mantenimiento no se refiere únicamente a una actividad de carácter preventivo, existen varios tipos de mantenimiento que se abordaran posteriormente. Mantenimiento no es lubricación o engrasado, aunque ambas actividades sean funciones de este. Mantenimiento no es reactivo por naturaleza; reparar y/o reemplazar, en este caso la naturaleza reactiva es resultado de una falta de mantenimiento. Una vez se ha aclarado esto, se puede decir que mantenimiento abarca el conjunto de operaciones, actividades y procesos que tienen como finalidad preservar los activos de una empresa. (Mobley, R, & Wikoff, 2008)

Dentro del entendimiento de la excelencia y confiabilidad de operación, la función de mantenimiento se convierte en un aliado importante de cualquier actividad de producción con fines de lucro. Independientemente del tamaño de la organización, fallos en el proceso de mantenimiento resultan en perdidas tanto en productividad como en calidad. De mayor importancia debe resaltarse que ante paros y perdidas recurrentes por la falta o falla de mantenimiento, se vuelve mucho más difícil competir a nivel global. (Mobley, R, & Wikoff, 2008) Enfocado especialmente al usuario de la extrusora, estas fallas resultarían en la posible pérdida de la oportunidad para alcanzar el objetivo de replicar el ecosistema modelo de *Precious Plastic*.

A largo plazo, una mejora en la confiabilidad de la máquina se traduce en costos de operación menores. Esto es en términos de tiempo y dinero. Al estar la máquina trabajando de manera normal, se puede programar y llevar a cabo la actividad de mantenimiento. Esto puede resultar en un paro de la maquinaria, pero es preferible a tener un paro por fallo y tener que incurrir en un proceso de reparación. La mejora en

confiabilidad representa una menor necesidad de repuestos, menor tiempo de paros y menos gasto en mano de obra para la reparación de la extrusora. (Mobley, R, & Wikoff, 2008)

Un programa de mantenimiento se compone de dos grupos de actividades principalmente. Un primer grupo de actividades preventivas de mantenimiento que involucran la búsqueda de fallos y posibles fuentes de error en intervalos de tiempo específicos. Estas actividades tienen como finalidad minimizar las consecuencias e impacto en los niveles de seguridad y confiabilidad de estas fallas por uno de los siguientes medios: lubricación, prueba funcional, inspección y/o reemplazo. (Mobley, R, & Wikoff, 2008)

Un segundo grupo de actividades comprende aquellas no agendadas que tienen como finalidad mantener o restaurar el equipo a un nivel de funcionamiento y confiabilidad seguro. Puede haber varias definiciones de lo que es un programa efectivo de mantenimiento; sin embargo, en términos prácticos se entiende un programa efectivo de mantenimiento como aquel en el que se logran establecer las actividades necesarias para cumplir con los requisitos de operación, dentro de un nivel de confiabilidad y funcionamiento aceptables. (Mobley, R, & Wikoff, 2008)

D. Mantenimiento de equipo mecánico

1. Acoples flexibles para transmisión de potencia

Un acople flexible es un dispositivo mecánico que tiene como función conectar dos ejes axialmente orientados. Su finalidad es la de transmitir movimiento rotacional y a la vez compensar por cualquier tipo de desalineación presente. La gran mayoría de los problemas se dan por problemas de alineación. Otros de los problemas que pueden surgir en los acoples de este tipo son por la falta de lubricación entre las superficies de contacto.

2. Alineación

Para comprender la alineación que lleva un acople flexible, se deben comprender los tipos de desalineación posibles. Existen tres condiciones de desalineación en un acople flexible: angular, paralelo y axial. La consideración de estas tres condiciones resulta en un proceso de alineación efectivo.

No existe un proceso específico de alineación para cada acople existente. Se deben llevar a cabo procesos únicos de alineación que resulten en la obtención de resultados satisfactorios. Si bien no existe un proceso específico, si existe una serie de principios fundamentales que pueden garantizar un correcto procedimiento.

3. Cajas reductoras

Una caja reductora tiene como función la realización de cambios en velocidad angular, torque o dirección entre un elemento y un motor. Esta consiste en uno o más conjuntos de engranajes montados en ejes y rodamientos, un medio de lubricación y un contenedor con sus respectivos sellos y áreas de ventilación. Es una parte fundamental del sistema de transmisión de potencia.

Dentro de este sistema, se tienen dos elementos principales: un elemento conductor y un elemento conducido. Una caja reductora, por medio de sus conjuntos de engranajes se encuentra como un medio de transformación entre ambos elementos del sistema. Esta transformación resulta en el cambio o modificación de la potencia transmitida entre ambos. Un ejemplo claro de esto es la reducción de velocidad para la obtención de un mayor torque en el sistema.

El medio de lubricación para una caja reductora se determina por varios parámetros, entre estos se encuentra la temperatura ambiente y el tamaño de los engranajes del sistema. A partir de esta información, se puede determinar el grado del lubricante a utilizar para la lubricación del sistema. Esta información se encuentra en la Tabla 4.

Cuadro 4. *AGMA Lubricant Number Recommendations for Enclosed Helical, Herringbone, Straight Bevel, Spiral Bevel, and Spur Gear Drives*

Type of unit ^a (low speed center distance)	AGMA lubricant number ^{b,c}	
	Ambient temperature ^{d,e}	
	-10 to +10°C (15 to 50°F)	10 to 50°C (50 to 125°F)
Parallel shaft (single reduction)		
Up to 200 mm (to 8 in)	2-3	3-4
Over 200 mm, to 500 mm (8 to 20 in)	2-3	4-5
Over 500 mm (over 20 in)	3-4	4-5
Parallel shaft (double reduction)		
Up to 200 mm (to 8 in)	2-3	3-4
Over 200 mm (over 8 in)	3-4	4-5
Parallel shaft (triple reduction)		
Up to 200 mm (to 8 in)	2-3	3-4
Over 200 mm, to 500 mm (8 to 20 in)	3-4	4-5
Over 500 mm (over 20 in)	4-5	5-6
Planetary gear units (housing diameter)		
Up to 400 mm (to 16 in) O.D.	2-3	3-4
Over 400 mm (over 16 in) O.D.	3-4	4-5
Straight or spiral bevel gear units		
Cone distance to 300 mm (to 12 in)	2-3	4-5
Cone distance over 300 mm (over 12 in)	3-4	5-6
Gearmotors and shaft-mounted units	2-3	4-5
High-speed units ^f	1	2

^aDrives incorporating overrunning clutches as backstopping devices should be referred to the gear drive manufacturer as certain types of lubricants may adversely affect clutch performance.

^bRanges are provided to allow for variations in operating conditions such as surface finish, temperature rise, loading, speed, etc.

^cAGMA viscosity number recommendations listed above refer to R&O gear oils. EP gear lubricants in the corresponding viscosity grades may be substituted where deemed necessary by the gear-drive manufacturer.

^dFor ambient temperatures outside the ranges shown, consult the gear manufacturer. Some synthetic oils have been used successfully for high- or low-temperature applications.

^ePour point of lubricant selected should be at least 5°C (9°F) lower than the expected minimum ambient starting temperature. If the ambient starting temperature approaches lubricant pour point, oil sump heaters may be required to facilitate starting and ensure proper lubrication.

^fHigh-speed units are those operating at speeds above 3600 rpm or pitch line velocities above 25 m/s (5000 fpm) or both. Refer to Standard AGMA 421, "Practice for High Speed Helical and Herringbone Gear Units," for detailed lubrication recommendations.

Fuente: (Mobley, R, & Wikoff, 2008)

Una buena práctica de mantenimiento consiste en la inspección diaria de la caja reductora. Esta inspección es de carácter visual y superficial. En esta se buscan sonidos inusuales, así como fugas de aceite evidentes. De manera más profunda, es recomendable la inspección de los niveles de lubricantes por lo menos una vez a la semana dependiendo del uso que se le dé al sistema. La temperatura de operación máxima de una caja reductora puede variar, dependiendo de las exigencias de operación; sin embargo, se considera como una regla general que la temperatura no exceda los 82°C. (Mobley, R, & Wikoff, 2008)

En caso sea necesario que se detenga la operación del sistema de transmisión de potencia por tiempos mayores a una semana, se debe poner en movimiento el sistema por

lo menos una vez por semana. La razón de esto se debe a que al mantener en movimiento los engranajes, se pueda evitar la oxidación de las partes por medio de la humedad resultante de la concentración de lubricante en puntos específicos y el posible cambio de temperatura ante la falta de operación. (Mobley, R, & Wikoff, 2008)

E. Mantenimiento de equipo eléctrico

1. Motor eléctrico de inducción

El motor eléctrico es uno de los componentes más importantes de todo el sistema. Este provee de la potencia motriz para la extrusión. Si falla, toda la operación se detendría por un periodo de tiempo indefinido. Uno de los motores eléctricos más utilizados en aplicaciones industriales son los motores de inducción. De manera general, este tipo de motores tienen embobinados principales, conocidos como estatores, conectados a una fuente de poder primaria. Así mismo, tienen embobinados secundarios, rotores, que son movidos por la carga mecánica que se les aplica. El tipo más común de motor eléctrico de inducción es el de jaula de ardilla; nombre obtenido por la forma de su estructura. Los motores de inducción pueden clasificarse como de propósito general o propósito especializado. Los motores de propósito general poseen la clasificación de diseño B de NEMA. En esta clasificación, los motores poseen valores estandarizados de corriente, torque y deslizamiento. (Mobley, R, & Wikoff, 2008)

El tiempo de vida y rendimiento de un motor eléctrico de inducción está directamente ligado a la calidad y el correcto mantenimiento del sistema aislamiento. Para mantener el sistema en su estado óptimo se deben seguir los siguientes conceptos generales en el sistema: limpio, seco y frío. Estos conceptos por muy simples que puedan parecer establecen una guía lógica de inspección visual semanal para el motor. Una regla general con respecto a la degradación del aislamiento del motor es que, por cada 10°C de incremento en temperatura con respecto a la temperatura de diseño, se disminuye la vida del aislamiento en un 50%. Para evitar esto, se deben tomar en consideración los conceptos especificados anteriormente. (Mobley, R, & Wikoff, 2008)

Para mantener un motor dentro de su temperatura de operación adecuada, se debe revisar de manera superficial el área de ventilación en busca de desechos sólidos acumulados. Una inspección visual puede resultar en la necesidad de una inspección a mayor profundidad. Esta se puede dar por medio de la observación del flujo de aire que sale del motor. Si el flujo es débil o inconsistente, se pueden tener desechos acumulados y ello requiere la realización de un proceso de limpieza por medio de cepillado, aspirado o limpieza en general. Además, se debe tomar en consideración que esta área de ventilación quede en un área libre de obstáculos o de otras fuentes de calor que puedan contribuir al aumento de temperatura. (Mobley, R, & Wikoff, 2008)

F. Mantenimiento del panel de control

1. Componentes de control

Los componentes de control se deben entender como los elementos que permiten u obstruyen la corriente eléctrica entre la fuente y el equipo que la consume. Los componentes de control se encuentran instalados en los circuitos de los sistemas de distribución eléctrica. Dentro de estos, hay dos clasificaciones importantes: componentes del circuito de potencia y componentes del circuito de control. (Mobley, R, & Wikoff, 2008)

Los componentes del circuito de potencia son aquellos cuyo funcionamiento repercute en el circuito de alimentación de la máquina. Ejemplos de estos son: cortacircuitos, contactores, arrancadores de motor, entre otros. Por estándares de la industria, los voltajes se encuentran en un rango de 12 a 7200V y en un rango de corriente de 9 a 4000A. (Mobley, R, & Wikoff, 2008)

Los componentes del circuito de control se caracterizan por funcionar dentro de un circuito lógico. Ejemplos de estos son: interruptores, relés de control, temporizadores, pulsadores, entre otros. Según estándares de la industria, los componentes de control se encuentran clasificados en un rango de voltaje de 12 hasta 600V. Dentro de estos estándares, la corriente máxima se encuentra en 10A y puede llegar hasta 25A.

Existen parámetros de funcionamiento que se deben tomar en consideración para evaluar el estado y comportamiento de los componentes y guiar el proceso de resolución de problemas. Los más generales son:

- Voltaje
- Corriente
- Potencia
- Resistencia
- Resistencia dieléctrica
- Continuidad

El mantenimiento de los elementos eléctricos del sistema responde en base a necesidades observadas de dos comportamientos; aislamiento y conducción. Por lo tanto, se debe buscar la manera de mantener los elementos conductores en conducción y los elementos aislantes en aislamiento. Una buena conducción requiere de limpieza y conexiones libres de contaminantes. Un buen aislamiento requiere de la ausencia de contaminantes como tierra y óxido, así como de mantenerse en temperaturas de operación optimas. Temperaturas excesivas resultan en sobrecalentamiento y como consecuencia el deterioro del aislamiento y eventual falla del componente. (Mobley, R, & Wikoff, 2008)

2. Relés de estado sólido

Un relé de estado sólido es un elemento que aísla eléctricamente el equipo al cual está conectado de las variaciones en tensión que se pueden presentar. El relé de estado

sólido es un componente de alta fiabilidad. Una vez instalado y en funcionamiento, si se da una falla, se tiene una muy alta probabilidad de que el origen del problema sea una causa externa.

Los problemas que se pueden dar se separan en dos tipos:

- Problemas al cierre del circuito
- Problemas a la apertura del circuito

Ambos problemas se producen de manera aleatoria y no repetitiva, esto dificulta su diagnóstico y reparación. Para solventar esto, se deben respetar unos lineamientos básicos de cableado:

- Cablear por separado las entradas y salidas para evitar interferencia
- Ajustar debidamente los tornillos de conexión

La inspección, mantenimiento y prueba de estos componentes debe realizarse en un periodo anual para asegurar su operación en estado óptimo. La reparación o el reemplazo de este componente depende del riesgo y el nivel de este que el usuario está dispuesto a tomar.

3. Componentes de control después de fallo

En un circuito instalado correctamente, el accionamiento de los componentes protectores de corto circuito es indicio de una falla por sobrecarga de la capacidad de operación. Antes de regresar a la operación normal, se debe analizar y corregir la falla realizando las reparaciones o reemplazos necesarios. Para el análisis, se deben seguir lineamientos generales de operación para cada componente de control. Esto es para comprobar que la integridad del circuito se mantiene. (Moblely, R, & Wikoff, 2008)

Entre estos se encuentra:

- **Panel de control:** examinar la integridad del panel para encontrar deformaciones, desplazamiento de partes o daño por fuego que requiera del reemplazo de todo el panel.
- **Breaker:** examinar la integridad del componente para encontrar daño. Si no hay evidencia de daño, el componente puede volver a ponerse en operación.
- **Terminales y conductores:** buscar evidencia de daño por fuego. Esto se puede observar si hay decoloración en el elemento conductor.
- **Relés:** observar daños en los elementos conductores de los que depende el relé y en el componente mismo. Si se observa daño por fuego en los elementos conductores, no solo se deben reemplazar estos, sino que el relé también. Si no hay daño visible, se debe realizar una prueba mecánica para verificar el correcto funcionamiento de este. Si pasa la prueba mecánica, se puede poner nuevamente en operación.

(Moblely, R, & Wikoff, 2008)

G. Solución de problemas

1. Solución de problemas eficientemente

La solución de problemas en la extrusión mejora la calidad del producto final. Realizar un correcto diagnóstico y solución de los problemas que pueden aparecer en la extrusora resulta en la preservación de esta. Para llevar a cabo un proceso de diagnóstico y solución de problemas adecuado, es necesario contar con los siguientes componentes:

- Buen entendimiento del proceso de extrusión
- Correcta instrumentación
- Datos históricos de operación de la máquina

(Giles, Wagner, & Mount, 2005)

Un buen entendimiento del proceso de extrusión reduce la posibilidad de error humano al momento de la operación. Esto no se limita únicamente al proceso de operación, también incluye los elementos de protección al usuario.

Una correcta instrumentación en la extrusora, tanto para el diagnóstico como para la operación, es la única forma en la que podemos controlar el proceso de extrusión. Dependemos enteramente de la instrumentación para la extrusión, ya que no podemos ver físicamente lo que está pasando dentro de la máquina. (Giles, Wagner, & Mount, 2005)

La recopilación de datos históricos de operación permite tener un parámetro de comparación de funcionamiento de la extrusora. Para entender por qué un proceso no tiene los resultados esperados, es necesario observar los cambios que se realizaron e hicieron que se llegara a ese resultado. La recopilación y organización de estos datos tendrá como resultado un registro histórico de los periodos, condiciones y parámetros de operación. (Giles, Wagner, & Mount, 2005)

Antes de comenzar con el proceso de diagnóstico y solución de problemas, se debe entender que muchos de los cambios realizados no tienen un efecto inmediato. La idea principal de las estrategias y métodos de resolución de problemas se basan en entender e identificar que ha cambiado en el proceso. Esto requiere de la propia documentación de todo el proceso. (Wagner Jr, y otros, 2012).

2. Sistemas de solución

Para el proceso de solución de problemas, se recomienda utilizar caza-fallas que permitan proveer métodos lógicos y ordenados para determinar el plan de acción a tomar. Estos sistemas de solución deberían ser utilizados como una serie de lineamientos para el accionamiento del personal competente calificado. (Mobley, R, & Wikoff, 2008).

Para presentar la información de una manera apropiada y de fácil uso, existen varios procesos que deben tenerse en mente y aplicarse en caso de ser posible. Estos responden a las siguientes interacciones: *Overview, Zoom, Pan, Filter, Details on demand, Relate, Extract y History*. Estos procesos se definen de la siguiente manera:

- *Overview*: tener una vista general de toda la información permite observar las relaciones entre elementos del sistema completo. Esto se traduce en un entendimiento general de la máquina y de sus procesos.
- *Zoom & Pan*: permitir un acercamiento a temas e información específica de los sistemas. Representa la capacidad de visualizar de manera más detallada los elementos que componen a la máquina.
- *Filter*: categorizar y separar la información relevante para solucionar el problema de manera que el usuario no se vea confundido por la presencia de una excesiva cantidad de información.
- *Details on demand*: tener una forma gráfica de entender el problema. Es tener una representación gráfica del sistema o elemento involucrado en el proceso de solución de problemas.
- *Relate*: mostrar las conexiones y relaciones de dependencia existentes entre los componentes de la máquina. Entender el problema que está ocurriendo y los elementos que se ven involucrados en este.
- *Extract*: obtener de manera directa la información necesaria para determinar las acciones a realizar en el sistema.
- *History*: tener la posibilidad de registrar las acciones realizadas en la máquina. Es tener un control de los cambios realizados y deshacerlos de ser necesario.

Es importante la presentación de la información y la accesibilidad a navegar entre esta. Por tal razón, uno de los componentes esenciales en la visualización de la información es la navegación. El objetivo de la navegación es proveer el camino más simple y directo entre dos puntos presentes en un producto. En este caso, representa la vía más directa entre una falla y las acciones a tomar para corregirla.

H. Degradación de polímeros

La degradación de un polímero se manifiesta como decoloración, pérdida de componentes volátiles o pérdida de propiedades mecánicas. Dependiendo del modo en el que comienza a darse la degradación, se pueden distinguir los siguientes tipos:

- Térmica
- Química
- Mecánica
- Radioactiva
- Biológica

Cada proceso de degradación tiene un nivel de impacto elevado; sin embargo, los procesos de mayor impacto en la extrusión son los térmicos, químicos y mecánicos. Por lo general, la degradación durante este proceso será una mezcla de estos tres tipos.

1. Degradación térmica

Se da cuando se un polímero está expuesto a una alta temperatura en una atmósfera. La resistencia que puede tener un polímero a este tipo de degradación depende del tipo de polímero y la estabilidad de este. (Rauwendaal, 2014)

2. Degradación química

Se refiere al proceso que está siendo influenciado por la presencia de químicos en contacto con el polímero. Estos químicos pueden ser ácidos, bases, solventes, reactivos, entre otros. Por lo general los efectos adversos de esta degradación solo se pueden observar a altas temperaturas debido a la alta cantidad de energía necesaria para estos procesos. (Rauwendaal, 2014)

3. Degradación mecánica

Se refiere al proceso de división molecular dada por la aplicación de esfuerzos mecánicos. Estos pueden ser esfuerzos de corte, compresión o una mezcla de ambos. Esta degradación puede ocurrir en cualquier estado en el que se encuentre el polímero; sólido, fundido y en solución. Esto es de mayor importancia para la extrusora, ya que los esfuerzos mecánicos son aplicados principalmente cuando el polímero está fundido. (Rauwendaal, 2014)

I. Causas de inestabilidad en la extrusión

1. Transporte de sólidos

Las inestabilidades causadas por este tipo tienen tres orígenes principales: problemas de flujo en la tolva; deformación interna en el tornillo de extrusión y falta de fricción en la superficie de extrusión.

Todos estos problemas tienen soluciones directas. Para los problemas de flujo, se debe observar la tolva de la extrusora y siempre asegurarse que se tenga suficiente material para que la extrusión sea continua. (Rauwendaal, 2014)

Para los problemas de deformación interna, se tienen diversos métodos de solución. Uno de estos es el de colocar una capa protectora en la superficie del tornillo de extrusión, esta es una solución directa, pero con una vida útil limitada. Una solución más permanente puede ser por medio de la selección de un material mucho más resistente en el tornillo de extrusión. (Rauwendaal, 2014)

La estabilidad del transporte de sólidos está fuertemente relacionada a la uniformidad con la que se alimenta material a la extrusora. Se puede asegurar la estabilidad de la operación por medio de una materia prima más uniforme; pellets de tamaño y forma similar. (Rauwendaal, 2014)

Variaciones en la forma y tamaño de la materia prima resultan en variaciones del rendimiento de la extrusora. Esto se puede observar al momento en el que se agrega material reciclado a la materia prima. El material reciclado por lo general no tiene forma

ni tamaño uniforme. Entre mayor sea la presencia de material reciclado en la materia prima, menor será la estabilidad del proceso de extrusión. (Rauwendaal, 2014)

2. Plastificación

La inestabilidad causada por la plastificación se puede dar por las limitaciones de la extrusora en términos de potencia de fusión. La forma de determinar si esta es la razón es por medio de una prueba de precalentamiento. Si el precalentamiento de la materia prima reduce o elimina la inestabilidad, el problema es el límite en las capacidades de la extrusora. (Rauwendaal, 2014)

3. Mejora en la estabilidad de la extrusión

Existen muchas causas que pueden hacer inestable el proceso de extrusión. Por lo general, la razón por la cual se dan las inestabilidades en el rendimiento de la extrusión, no están siempre visibles. Ante esto, se pueden tomar las siguientes medidas para mejorar la estabilidad del proceso:

- Reducir la velocidad del tornillo
- Reducir la temperatura a la salida de la extrusora
- Incrementar la longitud del tornillo de extrusión
- Incrementar la temperatura del barril de extrusión
- Incrementar la presión de salida del dado

(Rauwendaal, 2014)

Estas opciones son los lineamientos generales sobre las que se puede iterar el proceso de mejorar la estabilidad de la extrusión. Ahora, otro enfoque que se puede tener para abordar el problema de la inestabilidad es el ajuste del perfil de temperatura. Si el ajuste de temperatura no resuelve el problema, se debe hacer una revisión general de los componentes: termocuplas, controladores, tornillo de extrusión, etc. (Rauwendaal, 2014)

En caso de que no se pueda resolver el problema por medio de variaciones en la temperatura, se puede resolver el problema por medio de un cambio de material o una modificación en el tornillo o barril de extrusión. (Rauwendaal, 2014)

V. Metodología

A. Determinación de sistemas y elementos de la extrusora

Los sistemas que componen la extrusora se asignaron en función de prácticas observadas en manuales de mantenimiento de extrusoras de tornillo comerciales. Se estableció la existencia de dos sistemas: mecánico y eléctrico. A partir de esta diferenciación en dos sistemas se comenzó con el listado de todos los elementos que componen a la extrusora.

B. Aplicación de mantenimiento centrado en la confiabilidad

1. Determinación de fallas funcionales en el sistema

La determinación de las fallas del sistema se realizó tomando en consideración dos situaciones de fallo. La primera situación corresponde a la incapacidad de la máquina de operar. Esto se describe como la extrusión de elementos con irregularidades en la superficie, la incapacidad de extruir y la operación en un tiempo irregular. La segunda situación corresponde a una operación riesgosa para el usuario.

2. Determinación de fallas funcionales en componentes del sistema

La determinación de los fallos funcionales a nivel de componente de la máquina se realizó por medio de la revisión de los manuales de mantenimiento de cada uno. En este caso, el fabricante provee una lista de lineamientos generales y recomendaciones a seguir. Además, el fabricante provee también de una planificación de actividades de mantenimiento generales.

3. Establecimiento de rango de probabilidad de ocurrencia de falla

En base a la información de fallas obtenida, se comenzó con el establecimiento del rango de probabilidad de ocurrencia. Siguiendo ejemplos de otros procesos de implementación de sistemas de gestión de mantenimiento, se decidió establecer el rango de 1 a 10. En el que 1 representa la probabilidad más remota posible de ocurrencia y 10 la posibilidad de ocurrencia más alta posible.

4. Establecimiento de rango de detección de falla

Para determinar el rango de detección de falla en el sistema se comenzó con el establecimiento de los dos casos extremos posibles. El primer caso corresponde a una detección certera de la falla. El segundo caso corresponde a una detección imposible de la

falla. Se decidió establecer el rango de 1 a 10. En el que 1 representa detección certera y 10 el caso de una detección imposible.

5. Determinación del impacto del efecto de la falla en el sistema

Para determinar el impacto de la falla en el sistema se comenzó con establecer dos casos extremos posibles. En el primer caso, no se tiene efecto en la operación de la máquina. En el segundo caso, la integridad del usuario y la máquina se encuentran en riesgo.

Según los casos extremos establecidos, se comenzó con el establecimiento del rango de severidad. Siguiendo ejemplos de otros procesos de implementación de sistemas de gestión de mantenimiento, se decidió establecer el rango de 1 a 10. En el que 1 representa que no hay ningún efecto en la máquina y 10 la integridad del usuario y la máquina en riesgo.

Para el resto de los casos, se fue escalando el efecto. Se comenzó con la presencia de un efecto muy leve y este fue aumentando hasta tener un efecto muy alto en la integridad tanto del usuario como de la máquina.

6. Determinación del tipo de tarea de mantenimiento

La determinación de la tarea de mantenimiento se realizó tomando en consideración el enfoque del sistema de mantenimiento y las capacidades de reparación del usuario. De manera cuantitativa, se desarrolla un criterio para la determinación del tipo de tarea de mantenimiento desarrollada.

El criterio se obtiene por medio del producto entre los valores del impacto de la falla, de la detección de la falla y de la probabilidad de ocurrencia. Los resultados de cada causa se encuentran representados en el cuadro de falla funcional de la extrusora.

7. Programación de actividades

La programación de las actividades de mantenimiento se realizó en función de la información obtenida en la guía de fallas. Primero se comenzó con la clasificación de los elementos, si son parte del sistema mecánico o del eléctrico. Luego de cada elemento se obtuvieron actividades de mantenimiento que se deben realizar para mantener su integridad y operación. Estas actividades se obtuvieron de la determinación del tipo de tarea de mantenimiento, paso en el que fueron codificadas para un mejor entendimiento del usuario.

8. Distribución de la documentación

La documentación fue distribuida de acuerdo con el estilo utilizado por Tetra Pak para sus equipos. Este estilo busca distribuir la información en 3 manuales diferentes: operación, mantenimiento y eléctrico. (Hägerstrand, 2004)

9. Elaboración del manual de operación

El manual de operación fue elaborado bajo el concepto de ser una guía para la utilización del sistema de gestión de mantenimiento. Este sistema funciona cuando se entiende a la máquina y su proceso de operación. Esto involucra la identificación de los componentes de la máquina y los pasos a seguir para llevar a cabo el proceso de extrusión.

Para esto, se tiene una guía rápida de los sistemas y componentes de la máquina. Esto se encuentra detallado por medio de una codificación de colores del sistema. Se tiene una imagen general de la máquina y una imagen del interior del panel eléctrico. En el que por medio de un código de color se tiene una guía para identificar cada componente.

Para entender el proceso de extrusión, se provee de una serie de pasos que contemplan desde el inicio de la máquina hasta el proceso de apagado. Este ciclo de trabajo se entiende como una extrusión completa. Se hace especial énfasis al usuario para que, en caso de no cumplir con alguno de los pasos o encontrar irregularidades en el rendimiento de la máquina, se proceda a entender la guía para el sistema de mantenimiento. El proceso para la utilización del sistema fue diseñado de la siguiente manera:

1. El usuario detecta la falla por medio de la guía de fallas.
2. El usuario encuentra la posible causa del problema en base a la falla detectada.
3. El usuario utiliza la guía de programación para determinar los códigos de programación e identificar las actividades a realizar.
4. El usuario revisa la guía de actividades de mantenimiento para identificar las actividades a realizar por medio de los códigos de programación encontrados.
5. El usuario hace referencia al manual de mantenimiento para encontrar las tareas específicas que debe realizar.
6. El usuario revisa la programación de actividades de mantenimiento para determinar qué actividades debe realizar o debe considerar en el proceso de solución.
7. El usuario realiza las actividades de mantenimiento necesarias.

Para esto, el manual de operación contiene todas las guías descritas en los pasos anteriores. El manual de operación se encuentra incluido en la sección de anexos. Las guías desarrolladas se encuentran incluidas en la sección de resultados.

10. Elaboración del manual de mantenimiento

El manual de mantenimiento contiene información acerca de los sistemas que componen la extrusora. Estos sistemas se detallan a nivel de componente y dentro de cada componente, se detallan temas específicos para varias situaciones.

C. Implementación de un sistema de seguridad eléctrico

La implementación del sistema de seguridad eléctrico involucra el recableado del panel eléctrico y la implementación de un dispositivo de seguridad.

Para complementar el sistema de seguridad eléctrico de la máquina, se agregó un dispositivo eléctrico de seguridad. Este corresponde a un botón de paro de emergencia. Este botón fue instalado directamente en el panel de mantenimiento por facilidad y seguridad del usuario.

VI. Resultados

A. Sistemas y elementos de extrusora

Cada componente se clasificó según el criterio de necesitar o no electricidad. En el Cuadro 5 se puede observar la distribución entre sistema eléctrico y mecánico. Únicamente se tuvo una excepción en el proceso de clasificación con el motor eléctrico. Este se consideró como parte del sistema mecánico.

Cuadro 5. Distribución de sistemas y elementos de la extrusora

SISTEMA	ELEMENTO
MECÁNICO	MOTOR WEG 3HP
	CAJA REDUCTORA HELICOIDAL BONFIGLIOLI
	ACOPLE MECÁNICO
	TOLVA DE ALIMENTACIÓN
	TORNILLO DE EXTRUSIÓN
	DADO DE EXTRUSIÓN
	MOLDE DE EXTRUSIÓN
	HERRAMIENTA DE CONTRAPRESIÓN
ELÉCTRICO	TABLERO ELÉCTRICO
	VARIADOR DE FRECUENCIA SCHNEIDER
	RELAY DE ESTADO SÓLIDO #16
	BREAKER 10A
	POTENCIOMETRO
	CABLE ELÉCTRICO
	RESISTENCIA ELÉCTRICA
	CONTROL DE TEMPERATURA

Fuente: (Elaboración propia)

B. Fallas funcionales de extrusora

Se determinaron las fallas funcionales de la extrusora por medio de la revisión de manuales de mantenimiento de extrusoras de tornillo comerciales. Se revisaron manuales de cinco fabricantes diferentes para observar fallos y recomendaciones que puedan tener en común. Además, se observó la forma en la que se clasificaban y/o priorizaban los fallos

de operación. En conjunto con las dos situaciones extremas de fallo contempladas anteriormente, se obtuvieron nueve fallas funcionales. Estas se encuentran detalladas en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Guía de fallas

FALLA FUNCIONAL	
CÓDIGO DE FALLA	DESCRIPCIÓN DE FALLA
1	LA EXTRUSIÓN NO ES CONTINUA
2	NO HAY EXTRUSIÓN
3	PRODUCTO TERMINADO PRESENTA INCONSISTENCIAS EN LA SUPERFICIE
4	EQUIPO OPERANDO A ELEVADA TEMPERATURA
5	RUIDO EXCESIVO
6	EXTRUSIÓN MUY LENTA
7	EL TORNILLO DE EXTRUSIÓN NO SE MUEVE
8	EL TORNILLO DE EXTRUSIÓN ESTÁ DAÑADO
9	LA TEMPERATURA DE LA EXTRUSORA SE PASA DEL PUNTO DE REFERENCIA

Fuente: Elaboración propia

C. Fallas funcionales de componente

Específicamente para la caja reductora y el motor de inducción, se encontró dentro de los manuales de los fabricantes información de los fallos más comunes o riesgosos para cada uno. En varios casos, estos fallos no se habían contemplado inicialmente en la determinación de las fallas funcionales en el sistema.

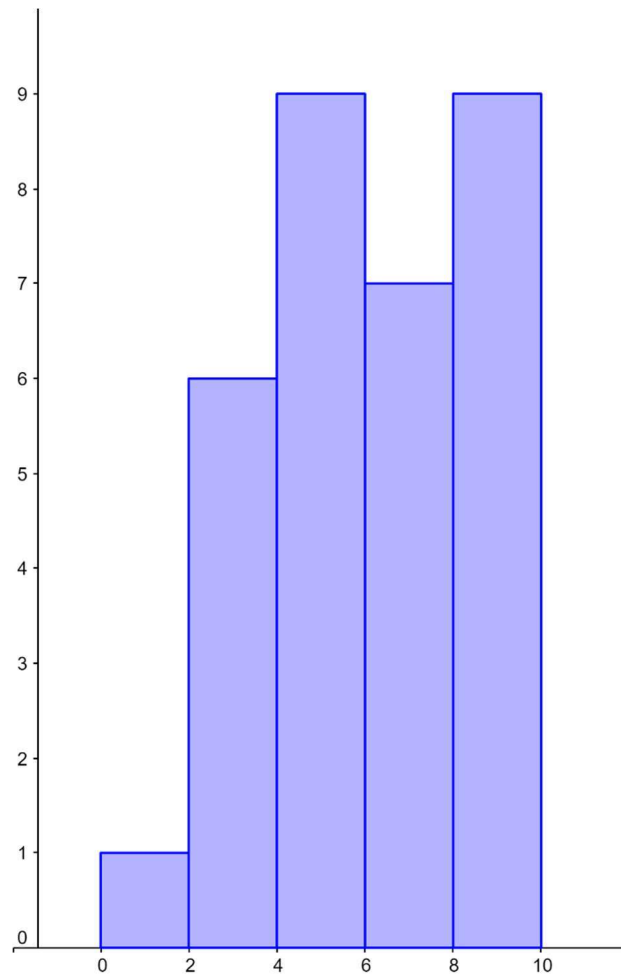
Estos últimos fueron agregados a la guía de fallas funcionales desarrollada anteriormente. A partir de cada falla encontrada, se detalló la posible causa según lo encontrado en los manuales de mantenimiento de los fabricantes. La guía de fallas a nivel de componente se realizó para el motor eléctrico *WEG W22* y para la caja reductora *Bonfiglioli*. Esto se encuentra en la sección de anexos, en los cuadros 7 y 8 respectivamente.

D. Rango de probabilidad de falla

La probabilidad de ocurrencia para cada causa de falla se obtuvo por medio de información encontrada en los manuales de componente de cada fabricante. Esto por medio de la ocurrencia con la que aparecía cada causa. En los casos en los que no aparecía directamente una causa, se podía encontrar una descripción de lo que pudo ocasionar el problema y la posible solución. Esta información se encuentra en el Cuadro 9.

Las causas de falla fueron evaluadas por medio de la realización de una distribución de estas. Se puede observar en la Figura 2 el comportamiento del rango de probabilidades para las diferentes causas de falla. Se puede observar una alta concentración en altos niveles de ocurrencia y la presencia de únicamente una falla con una probabilidad de ocurrencia mínima.

Figura 2. Distribución de ocurrencia de falla según causa



Fuente: (Elaboración propia)

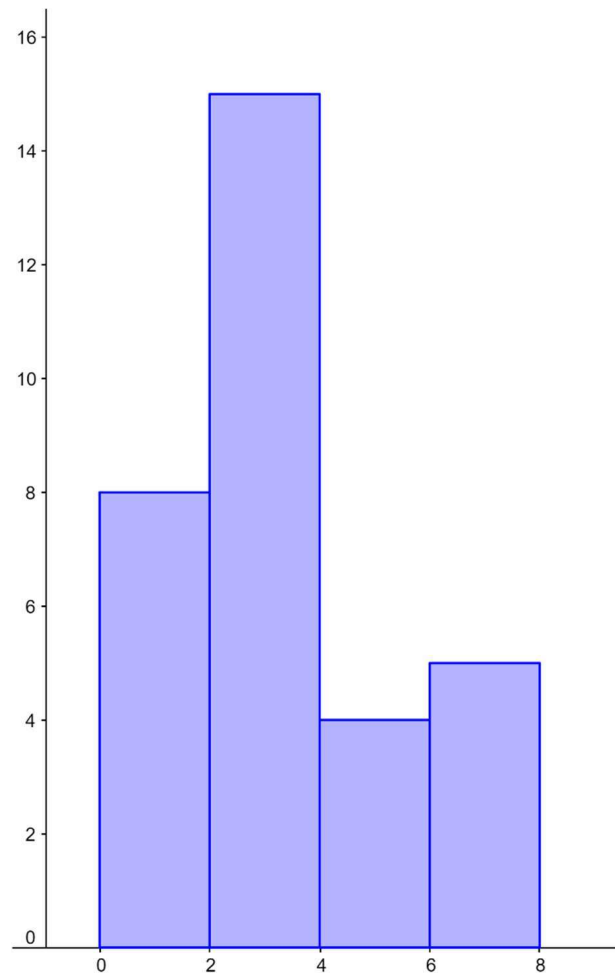
E. Rango de detección de falla

Para determinar y establecer los valores de cada falla posible en base a los casos extremos, se consideró la capacidad de detección que tendría el usuario. En el caso de la detección certera, se refiere a aquella que por medio de inspección visual o por sonido se puede determinar el fallo. En el caso de una detección imposible, se refiere a aquella que requiere de equipo altamente especializado. Los valores de detección de falla se encuentran en el Cuadro 10 en la sección de anexos.

Las causas de falla fueron evaluadas por medio de la elaboración de un histograma. Se puede observar en la Figura 3 el comportamiento del rango de detección para las

diferentes causas de falla. Se puede observar una alta concentración en los valores bajos del rango de fallas.

Figura 3. Distribución de detección de causa según falla



Fuente: (Elaboración propia)

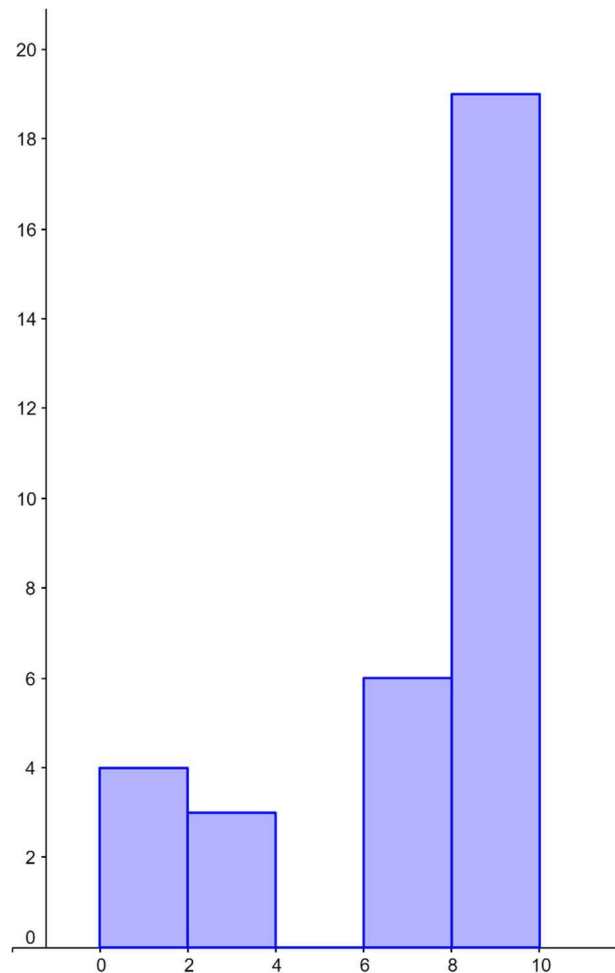
F. Rango de impacto del efecto de falla

El proceso para la determinación del rango en el que se encuentra cada componente fue elegido en función del riesgo que puede representar para la máquina y el usuario. El rango de riesgo de baja ponderación se da en aquellos casos en los que se tienen perturbaciones en la operación, pero que pueden ser corregidas. El rango de riesgo de mayor ponderación comienza cuando el usuario puede encontrarse en peligro. El rango de máximo efecto se da en los casos en los que se tiene un peligro inadvertible tanto para el usuario como para la máquina. El impacto de cada falla se puede observar detallado en el Cuadro 11 en la sección de anexos.

Las causas de falla fueron evaluadas por medio de la elaboración de un histograma. Se puede observar en la Figura 4 el comportamiento del impacto del efecto para las

diferentes causas de falla. Se puede observar una alta concentración en los valores de alto rango.

Figura 4. Distribución de impacto del efecto de causa según falla



Fuente: (Elaboración propia)

G. Distribución del tipo de tarea de mantenimiento

En este caso, las tareas se distribuyeron en función de los valores obtenidos. El valor mínimo posible corresponde a una tarea rutinaria. El valor intermedio corresponde a una tarea correctiva. El valor máximo es el de mayor impacto, por lo que se decide integrar dentro del mantenimiento preventivo. A partir de este criterio de selección, se decide clasificar cada acción desarrollada. Hay tres posibles resultados, dependiendo del valor resultante:

- El valor es mayor a 200, se decide realizar mantenimiento preventivo
- El valor está entre 100 y 200, se decide realizar una revisión diaria y cambiar el componente de ser necesario

- El valor es menor a 100, se decide realizar una revisión diaria por parte del usuario

Cada tarea de mantenimiento se distribuyó según las clasificaciones presentadas en el Cuadro 12.

Cuadro 7. Determinación de tipo de tarea de mantenimiento

RANGO	ACCIÓN DESARROLLADA O DECISIÓN TOMADA	CRITERIO
1	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	RPN > 200
2	REVISIÓN DIARIA, CAMBIO DEL COMPONENTE	100 < RPN < 200
3	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	RPN < 100

Fuente: (Elaboración propia)

Las actividades fueron codificadas en función de la falla funcional a la que responden y del tipo del sistema al que pertenecen. Según el valor resultante se obtuvo el resultado de la tarea de mantenimiento necesaria. Cada una de las actividades de mantenimiento codificadas y clasificadas por código de falla se encuentran en los cuadros 13 al 22 presentados a continuación:

Cuadro 8. Clasificación de actividades según tipo de tarea de mantenimiento del código de falla 1

CÓDIGO DE FALLA	DESCRIPCIÓN DE FALLA	MODO DE FALLA	CAUSAS	SEVERIDAD	OCURRENCIA	DETECCIÓN	RPN	TIPO DE ACCIÓN
1	LA EXTRUSIÓN NO ES CONTINUA	1.1.1	RODAMIENTOS DE LA CAJA REDUCTORA DAÑADA	6	3	7	126	REVISIÓN DIARIA, CAMBIO DEL COMPONENTE
		1.1.2	TORNILLO DE EXTRUSIÓN ATASCADO	10	5	2	100	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO
		1.1.3	RUIDO EXCESIVO CERCANO AL ACOPLÉ	8	2	1	16	REVISIÓN DIARIA, USUARIO
		1.1.4	TORNILLO CASTIGADOR DE ACOPLÉ FLOJO	1	9	2	18	REVISIÓN DIARIA, USUARIO
		1.1.5	EL TAMAÑO DEL MATERIAL ES INADECUADO	8	7	7	392	MANTENIMIENTO PREVENTIVO
		1.1.6	EL MATERIAL NO ESTÁ INGRESANDO CORRECTAMENTE EN LA TOLVA	7	6	3	126	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO
		1.1.7	NO SE HIZO LA CONTRAPRESIÓN ADECUADA	1	8	7	56	REVISIÓN DIARIA, USUARIO
		1.1.8	NO SE HIZO LA LIMPIEZA DEL TORNILLO DE EXTRUSIÓN	8	4	3	96	REVISIÓN DIARIA, USUARIO
		1.1.9	EL DADO ESTÁ OBSTRUIDO	10	7	1	70	REVISIÓN DIARIA, USUARIO
		1.2.1	VARIACIÓN DE VOLTAJE	2	10	7	140	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO
		1.2.2	LA TEMPERATURA DE LAS RESISTENCIAS NO ES ADECUADA	10	6	3	180	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO
		1.2.3	LA RESISTENCIA ESTÁ QUEMADA	10	4	2	80	REVISIÓN DIARIA, USUARIO
		1.2.4	VARIADOR DE FRECUENCIA DESCONFIGURADO	10	2	7	140	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO
		1.2.5	VARIADOR DE FRECUENCIA QUEMADO	8	10	4	320	MANTENIMIENTO PREVENTIVO
		1.2.6	RODAMIENTOS DEL MOTOR DAÑADOS	7	7	3	147	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO

Fuente: (Elaboración propia)

Cuadro 9. Clasificación de actividades según tipo de tarea de mantenimiento del código de falla 2

CÓDIGO DE FALLA	DESCRIPCIÓN DE FALLA	MODO DE FALLA	CAUSAS	SEVERIDAD	OCURRENCIA	DETECCIÓN	RPN	TIPO DE ACCIÓN
2	NO HAY EXTRUSIÓN	2.1.1	RODAMIENTOS DE LA CAJA REDUCTORA DAÑADA	6	3	3	54	REVISIÓN DIARIA, USUARIO
		2.1.2	TORNILLO DE EXTRUSIÓN ATASCADO	10	4	2	80	REVISIÓN DIARIA, USUARIO
		2.1.3	RUIDO EXCESIVO CERCANO AL ACOPLE	8	2	1	16	REVISIÓN DIARIA, USUARIO
		2.1.4	TORNILLO CASTIGADOR DE ACOPLE FLOJO	1	9	2	18	REVISIÓN DIARIA, USUARIO
		2.1.5	EL TAMAÑO DEL MATERIAL ES INADECUADO	8	7	7	392	MANTENIMIENTO PREVENTIVO
		2.1.6	EL MATERIAL NO ESTÁ INGRESANDO CORRECTAMENTE EN LA TOLVA	7	6	3	126	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO
		2.1.7	NO SE HIZO LA LIMPIEZA DEL TORNILLO DE EXTRUSIÓN	1	8	3	24	REVISIÓN DIARIA, USUARIO
		2.1.8	EL DADO ESTÁ OBSTRUIDO	10	7	1	70	REVISIÓN DIARIA, USUARIO
		2.2.1	VARIACIÓN DE VOLTAJE	2	10	7	140	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO
		2.2.2	LA TEMPERATURA DE LAS RESISTENCIAS NO ES ADECUADA	10	6	3	180	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO
		2.2.3	LA RESISTENCIA ESTÁ QUEMADA	10	4	2	80	REVISIÓN DIARIA, USUARIO
		2.2.4	VARIADOR DE FRECUENCIA DESCONFIGURADO	10	2	7	140	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO
		2.2.5	VARIADOR DE FRECUENCIA QUEMADO	8	10	4	320	MANTENIMIENTO PREVENTIVO
		2.2.6	RODAMIENTOS DEL MOTOR DAÑADOS	7	7	3	147	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO

Cuadro 10. Clasificación de actividades según tipo de tarea de mantenimiento del código de falla 3

CÓDIGO DE FALLA	DESCRIPCIÓN DE FALLA	MODO DE FALLA	CAUSAS	SEVERIDAD	OCURRENCIA	DETECCIÓN	RPN	TIPO DE ACCIÓN
3	PRODUCTO TERMINADO PRESENTA INCONSISTENCIAS EN LA SUPERFICIE	3.1.1	NO HAY CORRECTA SELECCIÓN DE MATERIAL	1	3	4	12	REVISIÓN DIARIA, USUARIO
		3.1.2	EL TAMAÑO DEL MATERIAL ES INADECUADO	8	7	7	392	MANTENIMIENTO PREVENTIVO
		3.1.3	LA MÁQUINA ESTÁ HUMEDA	7	8	2	112	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO
		3.1.4	EL TORNILLO DE EXTRUSIÓN ESTÁ DAÑADO	10	6	4	240	MANTENIMIENTO PREVENTIVO
		3.1.5	NO SE HIZO LA CONTRAPRESIÓN ADECUADA	5	4	7	140	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO
		3.1.6	EL MATERIAL SE MEZCLÓ CON RESIDUOS DE UNA EXTRUSIÓN ANTERIOR	3	10	2	60	REVISIÓN DIARIA, USUARIO
		3.1.7	NO SE HIZO LA LIMPIEZA DEL TORNILLO DE EXTRUSIÓN	1	8	3	24	REVISIÓN DIARIA, USUARIO
		3.1.8	EL MATERIAL NO ESTÁ INGRESANDO CORRECTAMENTE EN LA TOLVA	7	6	3	126	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO
		3.1.9	EL MOLDE ESTÁ DAÑADO	7	4	2	56	REVISIÓN DIARIA, USUARIO
		3.2.1	VARIACIÓN DE VOLTAJE	2	10	7	140	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO
		3.2.2	LA TEMPERATURA DE LAS RESISTENCIAS NO ES ADECUADA	10	6	3	180	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO
		3.2.3	LA RESISTENCIA ESTÁ QUEMADA	10	4	2	80	REVISIÓN DIARIA, USUARIO
		3.2.4	VARIADOR DE FRECUENCIA DESCONFIGURADO	10	2	7	140	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO
		3.2.5	VARIADOR DE FRECUENCIA QUEMADO	8	10	4	320	MANTENIMIENTO PREVENTIVO
		3.2.6	RODAMIENTOS DEL MOTOR DAÑADOS	7	7	3	147	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO

Cuadro 11. Clasificación de actividades según tipo de tarea de mantenimiento del código de falla 4

CÓDIGO DE FALLA	DESCRIPCIÓN DE FALLA	MODO DE FALLA	CAUSAS	SEVERIDAD	OCURRENCIA	DETECCIÓN	RPN	TIPO DE ACCIÓN
4	EQUIPO OPERANDO A ELEVADA TEMPERATURA	4.1.1	NO HAY CORRECTA SELECCIÓN DE MATERIAL	1	3	4	12	REVISIÓN DIARIA, USUARIO
		4.1.2	EL TAMAÑO DEL MATERIAL ES INADECUADO	8	7	7	392	MANTENIMIENTO PREVENTIVO
		4.1.3	LA MÁQUINA ESTÁ HUMEDA	7	8	2	112	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO
		4.1.4	EL TORNILLO DE EXTRUSIÓN ESTÁ DAÑADO	10	6	4	240	MANTENIMIENTO PREVENTIVO
		4.1.5	EL TORNILLO DE EXTRUSIÓN ESTÁ OBSTRUIDO	10	5	2	100	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO
		4.1.6	LA CAJA REDUCTORA SE ESTÁ SOBRECALENTANDO	10	9	3	270	MANTENIMIENTO PREVENTIVO
		4.2.1	VARIACIÓN DE VOLTAJE	2	10	7	140	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO
		4.2.2	LA TEMPERATURA DE LAS RESISTENCIAS NO ES ADECUADA	10	6	3	180	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO
		4.2.3	LA RESISTENCIA ESTÁ QUEMADA	10	4	2	80	REVISIÓN DIARIA, USUARIO
		4.2.4	VARIADOR DE FRECUENCIA DESCONFIGURADO	10	2	7	140	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO
		4.2.5	VARIADOR DE FRECUENCIA QUEMADO	8	10	4	320	MANTENIMIENTO PREVENTIVO
		4.2.6	RODAMIENTOS DEL MOTOR DAÑADOS	7	7	3	147	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO
		4.2.7	POCA VENTILACIÓN	1	10	1	10	REVISIÓN DIARIA, USUARIO

Cuadro 12. Clasificación de actividades según tipo de tarea de mantenimiento del código de falla 5

CÓDIGO DE FALLA	DESCRIPCIÓN DE FALLA	MODO DE FALLA	CAUSAS	SEVERIDAD	OCURRENCIA	DETECCIÓN	RPN	TIPO DE ACCIÓN
5	RUIDO EXCESIVO	5.1.1	NO HAY CORRECTA SELECCIÓN DE MATERIAL	1	3	4	12	REVISIÓN DIARIA, USUARIO
		5.1.2	EL TAMAÑO DEL MATERIAL ES INADECUADO	8	7	7	392	MANTENIMIENTO PREVENTIVO
		5.1.3	LA MÁQUINA ESTÁ HUMEDA	7	8	2	112	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO
		5.1.4	EL TORNILLO DE EXTRUSIÓN ESTÁ DAÑADO	10	6	4	240	MANTENIMIENTO PREVENTIVO
		5.1.5	NO SE HIZO LA CONTRAPRESIÓN ADECUADA	5	4	7	140	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO
		5.1.6	ALINEACIÓN INCORRECTA	8	4	4	128	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO
		5.1.7	EL DADO ESTÁ OBSTRUIDO	10	7	1	70	REVISIÓN DIARIA, USUARIO
		5.1.8	TORNILLO DE EXTRUSIÓN ATASCADO	10	2	2	40	REVISIÓN DIARIA, USUARIO
		5.1.9	RUIDO EXCESIVO CERCAÑO AL ACOPLA	2	7	1	14	REVISIÓN DIARIA, USUARIO
		5.1.10	TORNILLO CASTIGADOR DE ACOPLA FLOJO	1	10	2	20	REVISIÓN DIARIA, USUARIO
		5.2.1	VARIACIÓN DE VOLTAJE	2	10	7	140	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO
		5.2.2	LA TEMPERATURA DE LAS RESISTENCIAS NO ES ADECUADA	10	6	3	180	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO
		5.2.3	LA RESISTENCIA ESTÁ QUEMADA	10	4	2	80	REVISIÓN DIARIA, USUARIO
		5.2.4	VARIADOR DE FRECUENCIA DESCONFIGURADO	10	2	7	140	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO
		5.2.5	VARIADOR DE FRECUENCIA QUEMADO	8	10	4	320	MANTENIMIENTO PREVENTIVO
		5.2.6	RODAMIENTOS DEL MOTOR DAÑADOS	7	7	3	147	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO

Cuadro 13. Clasificación de actividades según tipo de tarea de mantenimiento del código de falla 6

CÓDIGO DE FALLA	DESCRIPCIÓN DE FALLA	MODO DE FALLA	CAUSAS	SEVERIDAD	OCURRENCIA	DETECCIÓN	RPN	TIPO DE ACCIÓN
6	EXTRUSIÓN MUY LENTA	6.1.1	EL DADO ESTÁ DAÑADO	10	3	2	60	REVISIÓN DIARIA, USUARIO
		6.1.2	NO HAY MATERIAL EN LA TOLVA	2	4	1	8	REVISIÓN DIARIA, USUARIO
		6.1.3	NO SE HIZO LA LIMPIEZA DEL TORNILLO DE EXTRUSIÓN	8	4	3	96	REVISIÓN DIARIA, USUARIO
		6.1.4	EL DADO ESTÁ OBSTRUIDO	10	7	1	70	REVISIÓN DIARIA, USUARIO
		6.1.5	TORNILLO DE EXTRUSIÓN ATASCADO	1	9	2	18	REVISIÓN DIARIA, USUARIO
		6.2.1	VARIACIÓN DE VOLTAJE	2	10	7	140	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO
		6.2.2	LA TEMPERATURA DE LAS RESISTENCIAS NO ES ADECUADA	10	6	3	180	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO
		6.2.3	LA RESISTENCIA ESTÁ QUEMADA	10	4	2	80	REVISIÓN DIARIA, USUARIO
		6.2.4	VARIADOR DE FRECUENCIA DESCONFIGURADO	10	2	7	140	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO
		6.2.5	VARIADOR DE FRECUENCIA QUEMADO	8	10	4	320	MANTENIMIENTO PREVENTIVO
		6.2.6	RODAMIENTOS DEL MOTOR DAÑADOS	7	7	3	147	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO

Cuadro 14. Clasificación de actividades según tipo de tarea de mantenimiento del código de falla 7

CÓDIGO DE FALLA	DESCRIPCIÓN DE FALLA	MODO DE FALLA	CAUSAS	SEVERIDAD	OCURRENCIA	DETECCIÓN	RPN	TIPO DE ACCIÓN
7	EL TORNILLO DE EXTRUSIÓN NO SE MUEVE	7.1.1	NO HAY CORRECTA SELECCIÓN DE MATERIAL	1	3	3	9	REVISIÓN DIARIA, USUARIO
		7.1.2	EL TAMAÑO DEL MATERIAL ES INADECUADO	8	7	7	392	MANTENIMIENTO PREVENTIVO
		7.1.3	OBJETO EXTRAÑO OBSTRUYENDO EL TORNILLO DE EXTRUSIÓN	10	2	1	20	REVISIÓN DIARIA, USUARIO
		7.1.4	TORNILLO CASTIGADOR DE ACOPLÉ FLOJO	1	9	2	18	REVISIÓN DIARIA, USUARIO
		7.1.5	EL DADO ESTÁ OBSTRUIDO	10	7	1	70	REVISIÓN DIARIA, USUARIO
		7.2.1	VARIACIÓN DE VOLTAJE	2	10	7	140	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO
		7.2.2	LA TEMPERATURA DE LAS RESISTENCIAS NO ES ADECUADA	10	6	3	180	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO
		7.2.3	LA RESISTENCIA ESTÁ QUEMADA	10	4	2	80	REVISIÓN DIARIA, USUARIO
		7.2.4	VARIADOR DE FRECUENCIA DESCONFIGURADO	10	2	7	140	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO
		7.2.5	VARIADOR DE FRECUENCIA QUEMADO	8	10	4	320	MANTENIMIENTO PREVENTIVO
		7.2.6	RODAMIENTOS DEL MOTOR DAÑADOS	7	7	3	147	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO
		7.2.7	ESCOBILLAS DEL MOTOR GASTADAS	6	10	3	180	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO

Cuadro 15. Clasificación de actividades según tipo de tarea de mantenimiento del código de falla 8

CÓDIGO DE FALLA	DESCRIPCIÓN DE FALLA	MODO DE FALLA	CAUSAS	SEVERIDAD	OCURRENCIA	DETECCIÓN	RPN	TIPO DE ACCIÓN
8	EL TORNILLO DE EXTRUSIÓN ESTÁ DAÑADO	8.1.1	NO HAY CORRECTA SELECCIÓN DE MATERIAL	7	7	3	147	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO
		8.1.2	SOPORTE NO APROPIADO PARA MÁQUINA	8	5	1	40	REVISIÓN DIARIA, USUARIO
		8.2.1	VARIACIÓN DE VOLTAJE	8	6	7	336	MANTENIMIENTO PREVENTIVO
		8.2.2	LA TEMPERATURA DE LAS RESISTENCIAS NO ES ADECUADA	10	6	3	180	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO
		8.2.3	LA RESISTENCIA ESTÁ QUEMADA	10	4	2	80	REVISIÓN DIARIA, USUARIO
		8.2.4	VARIADOR DE FRECUENCIA DESCONFIGURADO	10	1	7	70	REVISIÓN DIARIA, USUARIO
		8.2.5	VARIADOR DE FRECUENCIA QUEMADO	10	2	4	80	REVISIÓN DIARIA, USUARIO

Cuadro 16. Clasificación de actividades según tipo de tarea de mantenimiento del código de falla 9

CÓDIGO DE FALLA	DESCRIPCIÓN DE FALLA	MODO DE FALLA	CAUSAS	SEVERIDAD	OCURRENCIA	DETECCIÓN	RPN	TIPO DE ACCIÓN
9	LA TEMPERATURA DE LA EXTRUSORA SE PASA DEL PUNTO DE REFERENCIA	9.1.1	MAL CONTACTO DE LAS RESISTENCIAS	10	1	3	30	REVISIÓN DIARIA, USUARIO
		9.2.1	VARIACIÓN DE VOLTAJE	8	6	7	336	MANTENIMIENTO PREVENTIVO
		9.2.2	LA RESISTENCIA ESTÁ QUEMADA	10	4	2	80	REVISIÓN DIARIA, USUARIO
		9.2.3	LA RESISTENCIA ESTÁ DESCONECTADA	10	4	1	40	REVISIÓN DIARIA, USUARIO
		9.2.4	EL INDICADOR DE TEMPERATURA ESTÁ DESCONECTADO	10	6	1	60	REVISIÓN DIARIA, USUARIO

H. Programación de actividades

Las actividades fueron clasificadas según la frecuencia de realización. Esto se distribuyó en 24, 168, 720, 2160 y 4320 horas. Lo cual corresponde a 1 día, 1 semana, 3 meses y 6 meses. Esto se obtuvo de revisar manuales de diferentes fabricantes en los que se tenían estos plazos de mantenimiento para sus componentes. Esto a la vez permite tener un control de mantenimiento en un plazo semestral. La programación de actividades se encuentra incluida en el cuadro 22 de la sección de anexos.

I. Distribución de documentación

Se crearon únicamente los manuales de operación y mantenimiento. Estos se encuentran incluidos en la sección de anexos.

El manual de operación contiene la información necesaria para entender cómo utilizar el sistema de gestión de mantenimiento. Esto involucra desde el proceso de correcta operación de la máquina hasta el proceso de solución de problemas de la máquina.

El manual de mantenimiento contiene los procedimientos e información necesaria para llevar a cabo las actividades rutinarias y no rutinarias de cada componente.

El manual de operación (OM1-EP) y el manual de mantenimiento (MM1-EP) se encuentran incluidos en la sección de anexos.

J. Contenido del manual de operación

La guía para el sistema de mantenimiento instruye al usuario para utilizar los recursos del manual de operación y con esto, hacer referencia a la información específica contenida en el manual de mantenimiento.

Se creó una guía rápida de los sistemas y componentes de la máquina. Esto se encuentra detallado por medio de una codificación de colores del sistema. Se tiene una imagen general de la máquina y una imagen del interior del panel eléctrico. En el que por medio de un código de color se tiene una guía para identificar cada componente.

Para entender el proceso de extrusión, se provee de una serie de pasos que contemplan desde el inicio de la máquina hasta el proceso de apagado. Se hace especial énfasis al usuario para que, en caso de no cumplir con alguno de los pasos o encontrar irregularidades en el rendimiento de la máquina, se proceda a entender la guía para el sistema de mantenimiento por medio de la serie de pasos detallados para usarla. El manual de operación (OM1-EP) se encuentra incluido en la sección de anexos.

K. Contenido del manual de mantenimiento

El contenido del manual se construyó basándose en las siguientes categorías: almacenamiento, instalación, operación, tareas específicas y solución de problemas. Esto se realizó únicamente para componentes mecánicos de los que se encontró información. Únicamente se abarcó la caja reductora y el motor.

Para el resto de los componentes tanto del sistema mecánico como del sistema eléctrico, únicamente se colocó la categoría “características generales”. En esta categoría se detalla la información necesaria para verificar la integridad del componente.

Al final del manual, se tiene una sección denominada “aspectos generales”. En esta se listan las herramientas necesarias para llevar a cabo las tareas de mantenimiento.

El manual de mantenimiento (MM1-EP) se encuentra incluido en la sección de anexos.

L. Implementación de un sistema de seguridad eléctrico

El sistema de seguridad eléctrico se implementó por medio del recableado del panel eléctrico. El cableado al momento de comenzar con la implementación del sistema no permitía una operación segura del mismo. El estado de este se puede observar en la figura 2.

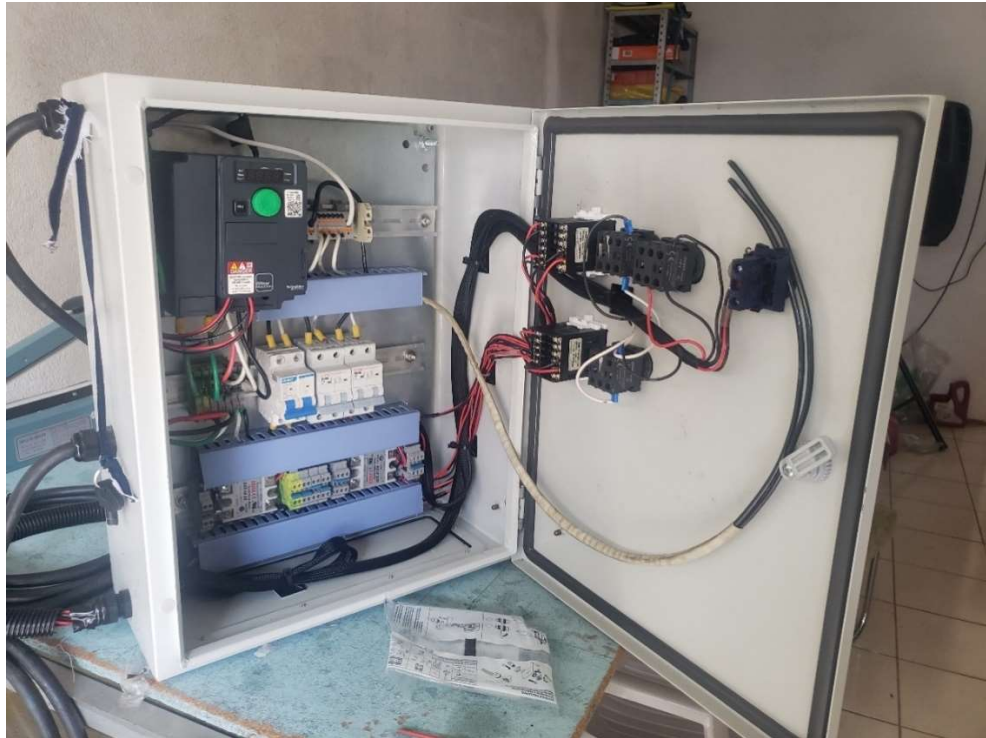
Figura 5. Panel eléctrico antes de intervención



Fuente: (Elaboración propia)

Se conectó el botón de paro de emergencia directamente al cableado de la fuente de alimentación. No fue posible colocar el botón de paro de emergencia en la posición por defecto del panel eléctrico. Al intentar esto, se encontró que el panel no cerraba. El botón topaba con el variador de frecuencia.

Figura 6. Panel eléctrico abierto con botón de emergencia en posición predeterminada



Fuente: (Elaboración propia)

Ante esto, se realizó un agujero en el panel en otra posición. Esto permitió agregar el botón sin comprometer el alcance de este por parte del usuario en caso de emergencia. La posición final del botón se puede observar en la Figura 7.

Figura 7. Panel eléctrico cerrado con botón de emergencia en posición modificada



Fuente: (Elaboración propia)

VII. Análisis de resultados

El sistema de mantenimiento consiste en dos manuales, uno de operación y uno de mantenimiento. El enfoque principal de la elaboración del sistema de mantenimiento es el de brindar al usuario los conocimientos necesarios para garantizar la integridad del equipo durante el máximo tiempo que sea posible. Inicialmente, esto se pensaba como proveer al usuario el entendimiento técnico de cada componente para diagnosticar y reparar como fuera necesario. Dada la complejidad de operación de la máquina y cada elemento que la compone, esto se volvió algo no viable en el tiempo dado. Por tal razón, se comenzó a evaluar posibles alternativas para cumplir con el enfoque inicial.

El enfoque del sistema de mantenimiento se mantuvo a lo largo de todo el proceso. Lo que cambió fue el principio de diseño para lograrlo. El principio que rigió fue el de proveer al usuario el entendimiento técnico de los componentes para evaluar la integridad de este. En caso de que la integridad del componente se vea comprometida, se pasa a un proceso de decisión más directo: reemplazar o ser llevado a reparación por un especialista.

Según la distribución de los valores encontrados en la clasificación de la detección de las fallas, se encontró una gran mayoría de fallas cuya probabilidad de detección es alta. Por esta razón, es de suma importancia que el usuario esté capacitado en los procesos de la máquina para verificar el óptimo rendimiento de cada uno. En este caso, la integridad del sistema y sus componentes dependen de la capacidad que tiene el usuario para evaluar y determinar las acciones a tomar para evitar riesgos a la máquina y al usuario.

Durante la distribución y clasificación del sistema, se consideró al motor eléctrico como parte del sistema mecánico de la máquina. Esto no resulta congruente según la propuesta de clasificación de los sistemas; sin embargo, es una distribución que responde a buenas prácticas encontradas en otros manuales de extrusoras comerciales.

El tiempo de programación del manual de mantenimiento corresponde a un ciclo semestral. La selección de este ciclo responde a prácticas de mantenimiento encontradas en manuales de extrusoras de otros fabricantes. Así mismo, se adecua a las posibilidades de ejecución de proyectos de la Universidad del Valle de Guatemala. Cada semestre se pueden evaluar las necesidades y posibilidades de mejora del proyecto. Al momento de comenzar con el proyecto, se puede realizar tanto el mantenimiento como las correcciones necesarias para preservar la integridad de los componentes.

Esta modificación en el sistema hizo que el contenido del manual de operación cambiara. El manual de operación contendría información del funcionamiento y principios de operación de cada componente. En vez de esto, el manual de operación contiene la información y pasos necesarios para verificar y mantener la integridad del equipo, así como para diagnosticar posibles fallos en el mismo. El manual de operación es una guía para el sistema de mantenimiento. Aprender a utilizar el sistema de mantenimiento puede garantizar una operación segura tanto para la máquina como para el usuario por el tiempo que sea posible.

De los tres manuales propuestos por *Tetra Pak*, únicamente se elaboraron los manuales de operación y mantenimiento. El manual eléctrico se enfoca en la resolución de problemas resultantes de alarmas. Esto incluye información de códigos de error y programación de la máquina. Además, se incluyen los diagramas eléctricos de cada componente, modulo y tablero de operación. En el caso de la extrusora de plástico reciclado, únicamente se tiene un diagrama unifilar para todo el tablero eléctrico. La información de cada componente eléctrico se encuentra en el manual de mantenimiento.

Todos los elementos del sistema eléctrico se encuentran fuera de la capacidad de reparación por parte del operador. La razón de esta afirmación se debe a que, siguiendo el principio de diseño del sistema de mantenimiento, solo hay dos opciones: reemplazo reparación por un especialista. Los componentes eléctricos de la máquina son del tipo comercial no-industrial. Con excepción del variador de frecuencia, es mucho más eficiente y seguro reemplazar los componentes que repararlos. En el caso del variador de frecuencia, su reparación requiere de un nivel técnico muy especializado.

VIII. Conclusiones

1. Se determinó el plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad como el adecuado para la operación de la máquina según las horas de funcionamiento establecidas en el modelo de operación de la extrusora, incluido en los manuales de operación y mantenimiento ubicado en el anexo.
2. Se determinaron las actividades operativas y técnicas de operación de la extrusora según los sistemas y componentes presentes en la misma, estos se encuentran ubicados en el Cuadro 15 en la sección de anexos.
3. Se determinaron causas de falla para cada falla funcional determinada. 28% de las causas de falla tienen la más alta probabilidad de ocurrencia, 72% pueden ser detectadas por el usuario y 60% tienen un impacto de falla que pone en riesgo la integridad de la extrusora y del usuario. Esto se puede observar en las figuras 2, 3 y 4 respectivamente.
4. Se elaboró el manual de mantenimiento (MM1-EP) que contiene la descripción de las actividades rutinarias y no rutinarias de operación, incluido en el anexo 2.
5. Se elaboró el manual de operación (OM1-EP) que contiene la información y pasos necesarios para guiar a los usuarios en los procedimientos de uso de la extrusora.
6. Se implementó un sistema de seguridad eléctrico por medio de la instalación de un dispositivo de paro de emergencia en el panel eléctrico de la extrusora que permite detener la máquina de manera inmediata.
7. Se mejoró la seguridad del sistema eléctrico por medio del reordenamiento del cableado eléctrico del panel de control.

IX. Recomendaciones

1. Para tener un mayor impacto en el proceso de aprendizaje, se recomienda definir una serie de competencias y conocimientos básicos que debe tener el usuario para capacitarse en la operación de la extrusora. De esta manera se puede tener una mayor certeza de las actividades que se podrían realizar para evaluar el entendimiento de los procesos que debe cumplir el usuario para una operación correcta y segura.
2. Se puede mejorar la experiencia del usuario por medio del reemplazo del potenciómetro por un interruptor o elemento similar. Esto requeriría de la programación del variador de frecuencia de la máquina.
3. Para garantizar una operación mucho más segura, se debe profundizar en el tema de gases emitidos durante la extrusión. Esto es algo de lo que no se tiene control actualmente y podría ser perjudicial para el usuario a largo plazo.
4. Para apoyar en el proceso de ejecución del mantenimiento, se recomienda buscar técnicos que puedan proveer servicios especializados para cada sistema de la máquina. Esto de manera que se pueda generar un directorio de contactos al cual se pueden referir en el futuro.

X. Referencias

- Bonfiglioli Riduttori S.p.A. (2020). *C, A, F, S Series Installation, Operation and Maintenance Manual*. Bologna: Bonfiglioli Riduttori.
- Bonfiglioli Riduttori S.p.A. (2020). *Lista de partes de recambio C Series*. Bologna: Bonfiglioli Riduttori.
- Dynisco. (Noviembre de 2017). *Laboratory Mixing Extruder Instruction Manual*. Obtenido de Dynisco LME:
https://www.dynisco.com/userfiles/files/lme_manual.pdf
- FAMSUN Group. (30 de enero de 2018). *MY165E - Single-Screw Extruder Operation Manual*. Obtenido de FAMSUN Group Web Site:
http://en.famsungroup.com/Upload/201801/20180130090400_6407.pdf
- FAMSUN Group. (30 de enero de 2018). *SJPS120x2_1 - Double-Screw Extruder Operation Manual*. Obtenido de FAMSUN Group Web Site:
http://en.famsungroup.com/Upload/201801/20180130090746_1068.pdf
- Giles, H. F., Wagner, J. R., & Mount, E. M. (2005). *Extrusion: The Definitive Processing Guide and Handbook*. Norwich, New York: William Andrew, Inc.
- Hägerstrand, M. (2004). *Innovative Thinking on Presentation of Technical Information: A user-oriented perspective on requirements for information retrieval in extensive technical documentation*. Linköpings Universitet, Department of Science and Technology. Norrköping: Linköpings Universitet.
- Mobley, K., R, H. L., & Wikoff, D. J. (2008). *Maintenance Engineering Handbook*. New York: McGraw-Hill.
- Rauwendaal, C. (2014). *Polymer Extrusion*. Munich: Hanser Publishers.
- Villafuerte, J. A. (2019). *Planta para reciclaje de plástico - Módulo: Ingeniería de sistemas*. Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala.
- Wagner Jr, J. R., Andersen, P., Chandrasekaran, C., Christie, A., Dunn, T., Foederer, B., . . . Xiao, K. (2012). *Handbook of Troubleshooting Plastics Processes*. (J. R. Jr., Ed.) Beverly, Massachusetts, United States of America: Scrivener Publishing.
- WEG Australia PTY LTD. (2019). *WEG W22 Three-Phase Electric Motor High Efficiency E3*. Melbourne: WEG.

XI. Anexos

Cuadro 17. Guía de fallas caja reductora Bonfiglioli

Falla	Causa	Acción
Temperatura de operación demasiado elevada	Nivel de lubricante demasiado alto	Revisar lubricante
	Lubricante demasiado viejo	Cambiar lubricante
	Lubricante contaminado	Revisar lubricante
Ruido anormal excesivo	Engranajes dañados	Cambiar componente
	Rodamientos desgastados o dañados	Cambiar componente
	Lubricante contaminado	Cambiar lubricante
Fugas de lubricante	Nivel de lubricante demasiado alto	Revisar lubricante
	Empaques inadecuados	Cambiar componente
	Sellos gastados	Cambiar componente
No hay movimiento	Viscosidad del lubricante demasiado alta	Cambiar lubricante
	Nivel de lubricante demasiado alto	Revisar lubricante
	Engranajes dañados	Cambiar componente
Movimiento con dificultad	Viscosidad del lubricante demasiado alta	Cambiar lubricante
	Nivel de lubricante demasiado alto	Revisar lubricante
	Carga excesiva aplicada	Revisar acople mecánico
No hay movimiento aún con el motor encendido	Engranajes dañados	Cambiar componente

Fuente: (Elaboración propia)

Cuadro 18. Guía de fallas motor WEG W22

Falla	Causa	Acción
El motor no arranca, ni acoplado ni desacoplado	Interrupción de la conexión eléctrica	Verifique la conexión eléctrica
	Fusibles quemados	Cambio de fusibles
	Mala conexión eléctrica	Verifique la conexión eléctrica
	Rodamiento atascado	Verificar rodamiento
El motor acoplado no arranca	Caída de tensión en la corriente eléctrica	Verifique la conexión eléctrica
Ruido excesivo	Fallo en el acople con la caja reductora	Verifique el acople mecánico
	Desalineación	Realice el proceso de alineación
	Tornillos sueltos	Apriete los tornillos
	Resonancia de la mesa de soporte	Verifique el soporte
	Rodamiento desgastado o dañado	Verificar rodamiento
Calentamiento excesivo en el motor	Refrigeración insuficiente	Limpie las entradas de aire
	Sobrecarga	Verifique la conexión eléctrica
	Fusibles quemados	Cambio de fusibles
	Subida de tensión en la corriente eléctrica	Verifique la conexión eléctrica
	Caída de tensión en la corriente eléctrica	Verifique la conexión eléctrica
	Interrupción de la conexión eléctrica	Verifique la conexión eléctrica

Fuente: (Elaboración propia)

Cuadro 19. Rango de probabilidad de ocurrencia de falla

<i>RANGO</i>	<i>PROBABILIDAD</i>
<i>1</i>	<i>REMOTA</i>
<i>2</i>	<i>MUY BAJA</i>
<i>3</i>	<i>BAJA</i>
<i>4</i>	<i>MODERADA</i>
<i>5</i>	<i>MODERADA</i>
<i>6</i>	<i>MODERADA</i>
<i>7</i>	<i>ALTA</i>
<i>8</i>	<i>ALTA</i>
<i>9</i>	<i>MUY ALTA</i>
<i>10</i>	<i>MUY ALTA</i>

Fuente: (Elaboración propia)

Cuadro 20. Rango de detección de falla

RANGO	DETECCIÓN
10	IMPOSIBLE
9	MUY REMOTA
8	REMOTA
7	MUY BAJA
6	BAJA
5	MODERADA
4	MODERADAMENTE ALTA
3	ALTA
2	MUY ALTA
1	CERTERA

Fuente: (Elaboración propia)

Cuadro 21. Impacto del efecto de falla en sistema

RANGO	EFFECTO	COMENTARIO
1	NINGUNO	NO HAY EFECTO
2	MUY LEVE	PERTURBACIÓN MENOR.
3	LEVE	PERTURBACIÓN MENOR. OBSERVADO POR EL USUARIO
4	MUY BAJO	PERTURBACIÓN MENOR. POSIBILIDAD DE CORRECCIÓN INMEDIATA.
5	BAJO	PERTURBACIÓN EN OPERACIÓN. POSIBILIDAD DE CORRECCIÓN INMEDIATA.
6	MODERADO	PERTURBACIÓN EN OPERACIÓN. CORRECCIÓN NO INMEDIATA.
7	ALTO	FUNCIONAMIENTO REDUCIDO. CORRECCIÓN NO INMEDIATA. USUARIO EN RIESGO LEVE.
8	MUY ALTO	INTEGRIDAD DE LA MÁQUINA EN RIESGO.
9	PELIGRO INADVERTIBLE	INTEGRIDAD DEL USUARIO Y DE LA MÁQUINA EN RIESGO.
10	PELIGRO INADVERTIBLE	INTEGRIDAD DEL USUARIO Y DE LA MÁQUINA EN RIESGO.

Fuente: (Elaboración propia)

Cuadro 22. Programación de actividades

CÓDIGO	FRECUENCIA (HORAS)				
	24	168	720	2160	4320
M1.1	X				
M1.2	X				
M1.3	X				
M1.4			X		
M1.5			X		
CR1.1	X				
M1.2	X				
CR1.2					X
CR1.3					X
CR1.4					X
CR1.5					X
CR1.6				X	
CR1.7	X				
CR1.8			X		
CR1.9	X				
CR1.10				X	
AM1.1	X				
AM1.2				X	
AM1.3				X	
AM1.4		X			
AM1.5	X				
TA1.1	X				
TA1.2					
TA1.3	X				
TE1.1	X				
D1.1	X				
D1.2	X				
MO1.1	X				
HC1.1	X				

CÓDIGO	FRECUENCIA (HORAS)				
	24	168	720	2160	4320
T1.1	X				
VF1.1				X	
VF1.2	X				
VF1.3	X				
VF1.4	X				
R1.1		X			
R1.2	X				
R1.3	X				
B1.1	X				
B1.2	X				
B1.3				X	
B1.4	X				
B1.5	X				
P1.1	X				
CE1.1	X				
RE1.1	X				
RE1.2				X	
RE1.3					X
CT1.1			X		
CT1.2	X				
CT1.3	X				
CT1.4				X	

Fuente: (Elaboración propia)

Cuadro 23. Referencia de modo de falla en manual de mantenimiento

MODO DE FALLA	TIPO DE ACCIÓN	CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN, CONTENIDO EN PROGRAMA DE ACTIVIDADES	RUTA DE REFERENCIA EN MANUAL DE MANTENIMIENTO
1.1.1	TAREA CORRECTIVA	CR1.1,CR1.4,CR1.7	SISTEMA MECÁNICO - CAJA REDUCTORA BONFIGLIOLI C412 - SOLUCIÓN DE PROBLEMAS
1.1.2	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	M1.2	SISTEMA MECÁNICO - MOTOR WEG 3HP - SOLUCIÓN DE PROBLEMAS
1.1.3	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	AM1.4,AM1.5	SISTEMA MECÁNICO - ACOPLER MECÁNICO - CARACTERÍSTICAS GENERALES
1.1.4	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	AM1.4	SISTEMA MECÁNICO - ACOPLER MECÁNICO - CARACTERÍSTICAS GENERALES
1.1.5	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	TE1.1	SISTEMA MECÁNICO - TORNILLO DE EXTRUSIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
1.1.6	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	TA1.1,TA1.2,TA1.3	SISTEMA MECÁNICO - TOLVA DE ALIMENTACIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
1.1.7	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	HC1.1	SISTEMA MECÁNICO - HERRAMIENTA DE CONTRAPRESIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
1.1.8	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	TE1.1,TE1.2	SISTEMA MECÁNICO - TORNILLO DE EXTRUSIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
1.1.9	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	D1.1	SISTEMA MECÁNICO - DADO DE EXTRUSIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
1.2.1	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	RE1.3,CT1.3	SISTEMA ELÉCTRICO - RESISTENCIA ELÉCTRICA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
1.2.2	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	RE1.3,CT1.1,CT1.2	SISTEMA ELÉCTRICO - RESISTENCIA ELÉCTRICA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
1.2.3	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	CE1.1,RE1.1,RE1.2,RE1.3, CT1.1,CT1.2,CT1.3,CT1.4	SISTEMA ELÉCTRICO - CONTROL DE TEMPERATURA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
1.2.4	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	VF1.1,VF1.2,VF1.3,VF1.4	SISTEMA ELÉCTRICO - VARIADOR DE FRECUENCIA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
1.2.5	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	VF1.1,VF1.2,VF1.3,VF1.4	SISTEMA ELÉCTRICO - VARIADOR DE FRECUENCIA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
1.2.6	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	M1.1,M1.2,M1.3,M1.4,M1.5	SISTEMA MECÁNICO - MOTOR WEG 3HP - SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

MODO DE FALLA	TIPO DE ACCIÓN	CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN, CONTENIDO EN PROGRAMA DE ACTIVIDADES	RUTA DE REFERENCIA EN MANUAL DE MANTENIMIENTO
2.1.1	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	CR1.1,CR1.4,CR1.7	SISTEMA MECÁNICO - CAJA REDUCTORA BONFIGLIOLI C412 - SOLUCIÓN DE PROBLEMAS
2.1.2	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	M1.2	SISTEMA MECÁNICO - MOTOR WEG 3HP - SOLUCIÓN DE PROBLEMAS
2.1.3	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	AM1.1,AM1.2,AM1.3,AM1.4,AM1.5	SISTEMA MECÁNICO - ACOPLER MECÁNICO - CARACTERÍSTICAS GENERALES
2.1.4	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	AM1.4	SISTEMA MECÁNICO - ACOPLER MECÁNICO - CARACTERÍSTICAS GENERALES
2.1.5	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	TE1.1	SISTEMA MECÁNICO - TORNILLO DE EXTRUSIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
2.1.6	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	TA1.1,TA1.2,TA1.3	SISTEMA MECÁNICO - TOLVA DE ALIMENTACIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
2.1.7	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	TE1.1,TE1.2	SISTEMA MECÁNICO - TORNILLO DE EXTRUSIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
2.1.8	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	D1.1	SISTEMA MECÁNICO - DADO DE EXTRUSIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
2.2.1	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	RE1.3,CT1.3	SISTEMA ELÉCTRICO - CONTROL DE TEMPERATURA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
2.2.2	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	CT1.2	SISTEMA ELÉCTRICO - CONTROL DE TEMPERATURA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
2.2.3	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	CE1.1,RE1.1,RE1.2,RE1.3, CT1.1,CT1.2,CT1.3,CT1.4	SISTEMA ELÉCTRICO - CONTROL DE TEMPERATURA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
2.2.4	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	VF1.1,VF1.2,VF1.3,VF1.4	SISTEMA ELÉCTRICO - VARIADOR DE FRECUENCIA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
2.2.5	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	VF1.1,VF1.2,VF1.3,VF1.4	SISTEMA ELÉCTRICO - VARIADOR DE FRECUENCIA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
2.2.6	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	M1.1,M1.2,M1.4	SISTEMA MECÁNICO - MOTOR WEG 3HP - SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

MODO DE FALLA	TIPO DE ACCIÓN	CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN, CONTENIDO EN PROGRAMA DE ACTIVIDADES	RUTA DE REFERENCIA EN MANUAL DE MANTENIMIENTO
3.1.1	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	TE1.1	SISTEMA MECÁNICO - TORNILLO DE EXTRUSIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
3.1.2	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	TE1.1	SISTEMA MECÁNICO - TORNILLO DE EXTRUSIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
3.1.3	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	T1.1,M1.5.CR1.6	SISTEMA MECÁNICO - CAJA REDUCTORA BONFIGLIOLI C412 - SOLUCIÓN DE PROBLEMAS
3.1.4	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	TE1.1,TE1.2	SISTEMA MECÁNICO - TORNILLO DE EXTRUSIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
3.1.5	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	HC1.1	SISTEMA MECÁNICO - HERRAMIENTA DE CONTRAPRESIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
3.1.6	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	D1.1,D1.2	SISTEMA MECÁNICO - DADO DE EXTRUSIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
3.1.7	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	TE1.1,TE1.2	SISTEMA MECÁNICO - TORNILLO DE EXTRUSIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
3.1.8	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	TA1.1,TA1.2,TA1.3	SISTEMA MECÁNICO - TOLVA DE ALIMENTACIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
3.1.9	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	MO1.1	SISTEMA MECÁNICO - MOLDE DE EXTRUSIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
3.2.1	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	RE1.3,CT1.3	SISTEMA ELÉCTRICO - CONTROL DE TEMPERATURA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
3.2.2	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	CT1.2	SISTEMA ELÉCTRICO - CONTROL DE TEMPERATURA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
3.2.3	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	CE1.1,RE1.1,RE1.2,RE1.3, CT1.1,CT1.2,CT1.3,CT1.4	SISTEMA ELÉCTRICO - CONTROL DE TEMPERATURA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
3.2.4	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	VF1.1,VF1.2,VF1.3,VF1.4	SISTEMA ELÉCTRICO - VARIADOR DE FRECUENCIA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
3.2.5	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	VF1.1,VF1.2,VF1.3,VF1.4	SISTEMA ELÉCTRICO - VARIADOR DE FRECUENCIA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
3.2.6	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	M1.1,M1.2,M1.4	SISTEMA MECÁNICO - MOTOR WEG 3HP - SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

MODO DE FALLA	TIPO DE ACCIÓN	CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN, CONTENIDO EN PROGRAMA DE ACTIVIDADES	ruta de referencia en manual de mantenimiento
4.1.1	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	TE1.1	SISTEMA MECÁNICO - TORNILLO DE EXTRUSIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
4.1.2	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	TE1.1	SISTEMA MECÁNICO - TORNILLO DE EXTRUSIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
4.1.3	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	T1.1,M1.5.CR1.6	SISTEMA MECÁNICO - CAJA REDUCTORA BONFIGLIOLI C412 - SOLUCIÓN DE PROBLEMAS
4.1.4	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	TE1.1,TE1.2	SISTEMA MECÁNICO - TORNILLO DE EXTRUSIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
4.1.5	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	TE1.1,TE1.2	SISTEMA MECÁNICO - TORNILLO DE EXTRUSIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
4.1.6	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	CR1.9	SISTEMA MECÁNICO - CAJA REDUCTORA BONFIGLIOLI C412 - SOLUCIÓN DE PROBLEMAS
4.2.1	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	RE1.3,CT1.3	SISTEMA ELÉCTRICO - CONTROL DE TEMPERATURA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
4.2.2	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	CT1.2	SISTEMA ELÉCTRICO - CONTROL DE TEMPERATURA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
4.2.3	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	CE1.1,RE1.1,RE1.2,RE1.3, CT1.1,CT1.2,CT1.3,CT1.4	SISTEMA ELÉCTRICO - CONTROL DE TEMPERATURA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
4.2.4	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	VF1.1,VF1.2,VF1.3,VF1.4	SISTEMA ELÉCTRICO - VARIADOR DE FRECUENCIA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
4.2.5	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	VF1.1,VF1.2,VF1.3,VF1.4	SISTEMA ELÉCTRICO - VARIADOR DE FRECUENCIA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
4.2.6	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	M1.1,M1.2,M1.4	SISTEMA MECÁNICO - MOTOR WEG 3HP - SOLUCIÓN DE PROBLEMAS
4.2.7	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	M1.3,CR1.9	SISTEMA MECÁNICO - CAJA REDUCTORA BONFIGLIOLI C412 - SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

MODO DE FALLA	TIPO DE ACCIÓN	CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN, CONTENIDO EN PROGRAMA DE ACTIVIDADES	ruta de referencia en manual de mantenimiento
5.1.1	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	TE1.1	SISTEMA MECÁNICO - TORNILLO DE EXTRUSIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
5.1.2	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	TE1.1	SISTEMA MECÁNICO - TORNILLO DE EXTRUSIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
5.1.3	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	T1.1,M1.5.CR1.6	SISTEMA MECÁNICO - CAJA REDUCTORA BONFIGLIOLI C412 - SOLUCIÓN DE PROBLEMAS
5.1.4	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	TE1.1,TE1.2	SISTEMA MECÁNICO - TORNILLO DE EXTRUSIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
5.1.5	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	HC1.1	SISTEMA MECÁNICO - HERRAMIENTA DE CONTRAPRESIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
5.1.6	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	CR1.10,AM1.3	SISTEMA MECÁNICO - CAJA REDUCTORA BONFIGLIOLI C412 - SOLUCIÓN DE PROBLEMAS
5.1.7	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	D1.1	SISTEMA MECÁNICO - DADO DE EXTRUSIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
5.1.8	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	TE1.1,TE1.2	SISTEMA MECÁNICO - TORNILLO DE EXTRUSIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
5.1.9	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	AM1.1,AM1.2,AM1.3,AM1.4,AM1.5	SISTEMA MECÁNICO - ACOUPLE MECÁNICO - CARACTERÍSTICAS GENERALES
5.1.10	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	AM1.4	SISTEMA MECÁNICO - ACOUPLE MECÁNICO - CARACTERÍSTICAS GENERALES
5.2.1	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	RE1.3,CT1.3	SISTEMA ELÉCTRICO - CONTROL DE TEMPERATURA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
5.2.2	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	CT1.2	SISTEMA ELÉCTRICO - CONTROL DE TEMPERATURA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
5.2.3	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	CE1.1,RE1.1,RE1.2,RE1.3, CT1.1,CT1.2,CT1.3,CT1.4	SISTEMA ELÉCTRICO - CONTROL DE TEMPERATURA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
5.2.4	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	VF1.1,VF1.2,VF1.3,VF1.4	SISTEMA ELÉCTRICO - VARIADOR DE FRECUENCIA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
5.2.5	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	VF1.1,VF1.2,VF1.3,VF1.4	SISTEMA ELÉCTRICO - VARIADOR DE FRECUENCIA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
5.2.6	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	M1.1,M1.2,M1.4	SISTEMA MECÁNICO - MOTOR WEG 3HP - SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

MODO DE FALLA	TIPO DE ACCIÓN	CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN, CONTENIDO EN PROGRAMA DE ACTIVIDADES	RUTA DE REFERENCIA EN MANUAL DE MANTENIMIENTO
6.1.1	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	D1.1	SISTEMA MECÁNICO - DADO DE EXTRUSIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
6.1.2	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	TA1.1,TA1.2,TA1.3	SISTEMA MECÁNICO - TOLVA DE ALIMENTACIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
6.1.3	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	TE1.1,TE1.2	SISTEMA MECÁNICO - TORNILLO DE EXTRUSIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
6.1.4	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	D1.1	SISTEMA MECÁNICO - DADO DE EXTRUSIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
6.1.5	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	TE1.1	SISTEMA MECÁNICO - TORNILLO DE EXTRUSIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
6.2.1	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	RE1.3,CT1.3	SISTEMA ELÉCTRICO - CONTROL DE TEMPERATURA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
6.2.2	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	CT1.2	SISTEMA ELÉCTRICO - CONTROL DE TEMPERATURA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
6.2.3	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	CE1.1,RE1.1,RE1.2,RE1.3, CT1.1,CT1.2,CT1.3,CT1.4	SISTEMA ELÉCTRICO - CONTROL DE TEMPERATURA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
6.2.4	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	VF1.1,VF1.2,VF1.3,VF1.4	SISTEMA ELÉCTRICO - VARIADOR DE FRECUENCIA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
6.2.5	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	VF1.1,VF1.2,VF1.3,VF1.4	SISTEMA ELÉCTRICO - VARIADOR DE FRECUENCIA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
6.2.6	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	M1.1,M1.2,M1.4	SISTEMA MECÁNICO - MOTOR WEG 3HP - SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

MODO DE FALLA	TIPO DE ACCIÓN	CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN, CONTENIDO EN PROGRAMA DE ACTIVIDADES	RUTA DE REFERENCIA EN MANUAL DE MANTENIMIENTO
7.1.1	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	TE1.1	SISTEMA MECÁNICO - TORNILLO DE EXTRUSIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
7.1.2	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	TE1.1	SISTEMA MECÁNICO - TORNILLO DE EXTRUSIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
7.1.3	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	TA1.2,TA1.3	SISTEMA MECÁNICO - TOLVA DE ALIMENTACIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
7.1.4	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	AM1.4	SISTEMA MECÁNICO - ACOPLE MECÁNICO - CARACTERÍSTICAS GENERALES
7.1.5	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	D1.1	SISTEMA MECÁNICO - DADO DE EXTRUSIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
7.2.1	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	RE1.3,CT1.3	SISTEMA ELÉCTRICO - CONTROL DE TEMPERATURA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
7.2.2	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	RE1.3,CT1.1,CT1.2	SISTEMA ELÉCTRICO - CONTROL DE TEMPERATURA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
7.2.3	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	CE1.1,RE1.1,RE1.2,RE1.3, CT1.1,CT1.2,CT1.3,CT1.4	SISTEMA ELÉCTRICO - CONTROL DE TEMPERATURA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
7.2.4	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	VF1.1,VF1.2,VF1.3,VF1.4	SISTEMA ELÉCTRICO - VARIADOR DE FRECUENCIA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
7.2.5	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	VF1.1,VF1.2,VF1.3,VF1.4	SISTEMA ELÉCTRICO - VARIADOR DE FRECUENCIA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
7.2.6	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	M1.1,M1.2,M1.4	SISTEMA MECÁNICO - MOTOR WEG 3HP - SOLUCIÓN DE PROBLEMAS
7.2.7	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	M1.4	SISTEMA MECÁNICO - MOTOR WEG 3HP - SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

MODO DE FALLA	TIPO DE ACCIÓN	CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN, CONTENIDO EN PROGRAMA DE ACTIVIDADES	RUTA DE REFERENCIA EN MANUAL DE MANTENIMIENTO
8.1.1	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	TE1.1	SISTEMA MECÁNICO - TORNILLO DE EXTRUSIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
8.1.2	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	M1.1,M1.2,CR1.1	SISTEMA MECÁNICO - MOTOR WEG 3HP - SOLUCIÓN DE PROBLEMAS
8.2.1	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	RE1.3,CT1.3	SISTEMA ELÉCTRICO - CONTROL DE TEMPERATURA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
8.2.2	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	RE1.3,CT1.1	SISTEMA ELÉCTRICO - CONTROL DE TEMPERATURA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
8.2.3	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	CE1.1,RE1.1,RE1.2,RE1.3, CT1.1,CT1.2,CT1.3,CT1.4	SISTEMA ELÉCTRICO - CONTROL DE TEMPERATURA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
8.2.4	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	VF1.1,VF1.2,VF1.3,VF1.4	SISTEMA ELÉCTRICO - VARIADOR DE FRECUENCIA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
8.2.5	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	VF1.1,VF1.2,VF1.3,VF1.4	SISTEMA ELÉCTRICO - VARIADOR DE FRECUENCIA - CARACTERÍSTICAS GENERALES

MODO DE FALLA	TIPO DE ACCIÓN	CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN, CONTENIDO EN PROGRAMA DE ACTIVIDADES	RUTA DE REFERENCIA EN MANUAL DE MANTENIMIENTO
9.1.1	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	RE1.1,RE1.3,CT1.1,CT1.2,CT1.3	SISTEMA ELÉCTRICO - CONTROL DE TEMPERATURA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
9.2.1	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	RE1.3,CT1.3	SISTEMA ELÉCTRICO - CONTROL DE TEMPERATURA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
9.2.2	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	CE1.1,RE1.1,RE1.2,RE1.3, CT1.1,CT1.2,CT1.3,CT1.4	SISTEMA ELÉCTRICO - CONTROL DE TEMPERATURA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
9.2.3	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	RE1.1,RE1.2,RE1.3	SISTEMA ELÉCTRICO - RESISTENCIA ELÉCTRICA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
9.2.4	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	RE1.1,RE1.2,RE1.3	SISTEMA ELÉCTRICO - RESISTENCIA ELÉCTRICA - CARACTERÍSTICAS GENERALES

Fuente: (Elaboración propia)

Anexo 1. Manual de operación – OM1-EP

Departamento de Ingeniería Mecánica



Manual de operación para extrusora de plástico reciclado

Diego Aguirre Segura

Guatemala, 2020

Prefacio

El manual de operación está elaborado para familiarizar al usuario con la extrusora y su uso designado.

El manual contiene información importante para la operación de la máquina de manera correcta y segura.

El manual de operación describe los sistemas que conforman la máquina.

Este manual debe estar siempre disponible en el lugar en el que la máquina esté en uso.

El manual de operación debe ser leído por todas las personas que estén involucradas de manera directa o indirecta con la operación de la máquina.

La información aquí descrita está basada en la operación de la máquina únicamente para el propósito por el que fue fabricada. El uso en una aplicación para la que no fue creada la máquina resultará en una operación no correcta. Este tipo de uso corre enteramente por cuenta y riesgo del usuario de la máquina.

Seguridad

Lineamientos generales

- La máquina fue diseñada siguiendo de acuerdo con estándares técnicos y factores de seguridad que permiten una operación adecuada y segura. Sin embargo, a lo largo de la operación de la máquina pueden aparecer riesgos a la salud e integridad tanto del usuario como de la máquina.
- Únicamente debe utilizarse la máquina cuando esté en condiciones óptimas de operación y siguiendo los lineamientos del manual de operación.
- La máquina debe ser atendida por dos operarios en todo momento.
- El personal operativo no debe llevar ningún tipo de joyería, pulseras, relojes, collares, pelo suelto o cualquier otro elemento que pueda atascarse en la máquina.
- El personal operativo debe utilizar zapatos cerrados, ropa ajustada, lentes de seguridad, mascarilla y guantes de protección.
- Nunca toque los componentes calientes de la máquina de manera directa
- El personal debe estar siempre atento a sus alrededores.
- En caso de emergencia, interrumpa la operación de la máquina de manera inmediata. Siga el procedimiento de paro de emergencia.
- En caso de cualquier daño, modificación o alteración a la máquina o materia prima, infórmese inmediatamente a la persona encargada correspondiente.

Personal

Se entiende como personal operativo a todas las personas que se encuentren en contacto directo o indirecto con la máquina. Únicamente se permite que personas que cumplan con los requisitos necesarios puedan interactuar con esta máquina.

Requisitos del personal

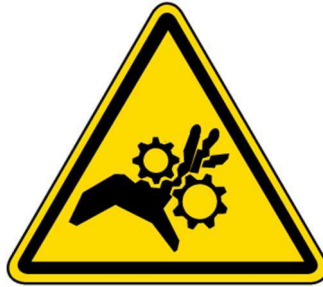
El personal operativo calificado es aquel que tiene experiencia en el uso de maquinaria similar o tiene un trasfondo de educación técnica. Así mismo, el personal calificado es aquel que ha leído el manual de operación de la máquina de manera completa y es capaz de identificar peligros, analizar riesgos y evitar situaciones peligrosas causadas por la máquina, químicos u otros componentes de esta.

Elementos de seguridad

En distintos puntos de la máquina se tienen desplegadas señalizaciones de seguridad. Existen dos estándares, ISO y ANSI. En este caso, se utilizarán únicamente las señalizaciones ISO.

En caso de tener señalizaciones dañadas o faltantes, reemplazarlas inmediatamente. El incumplimiento de esto podría resultar en el aumento de riesgo de muerte y/o lesiones.

En la máquina encontrará principalmente las siguientes señalizaciones:

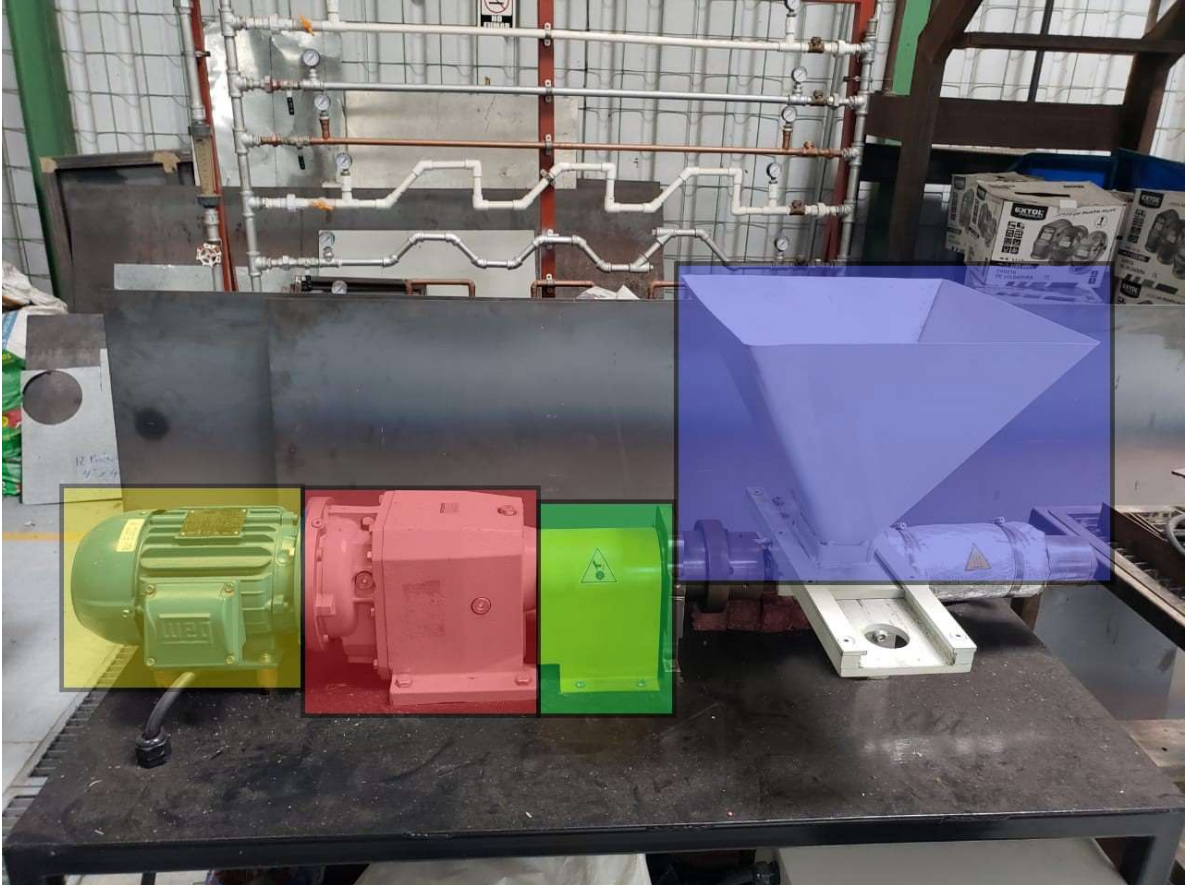


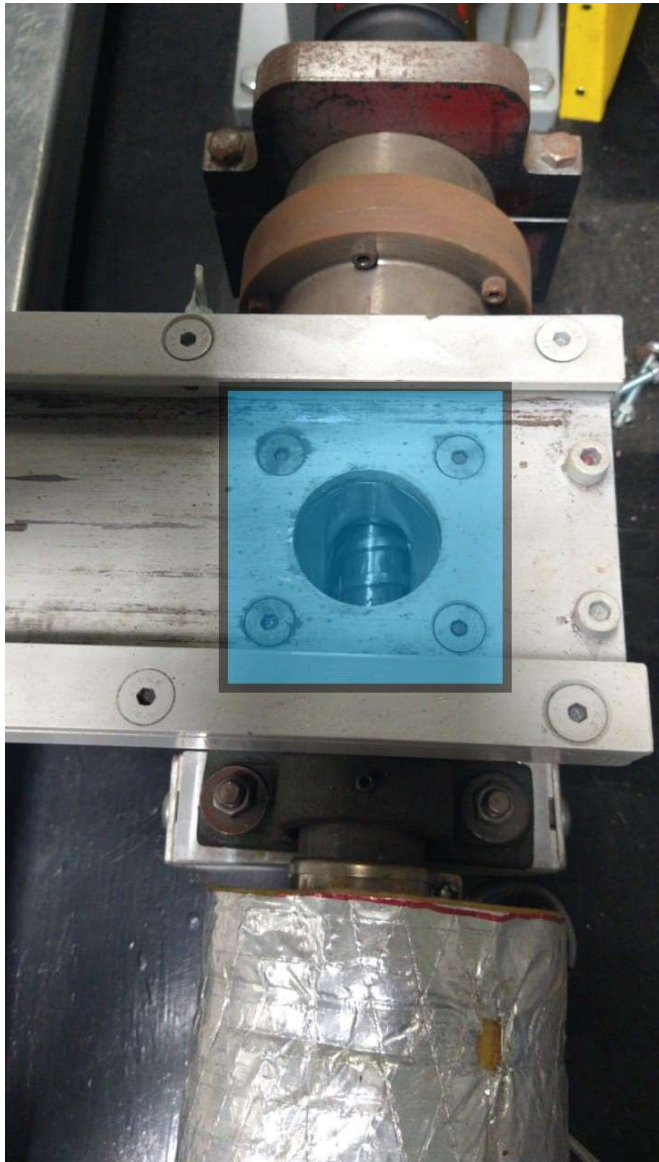
1. Peligro de aplastamiento

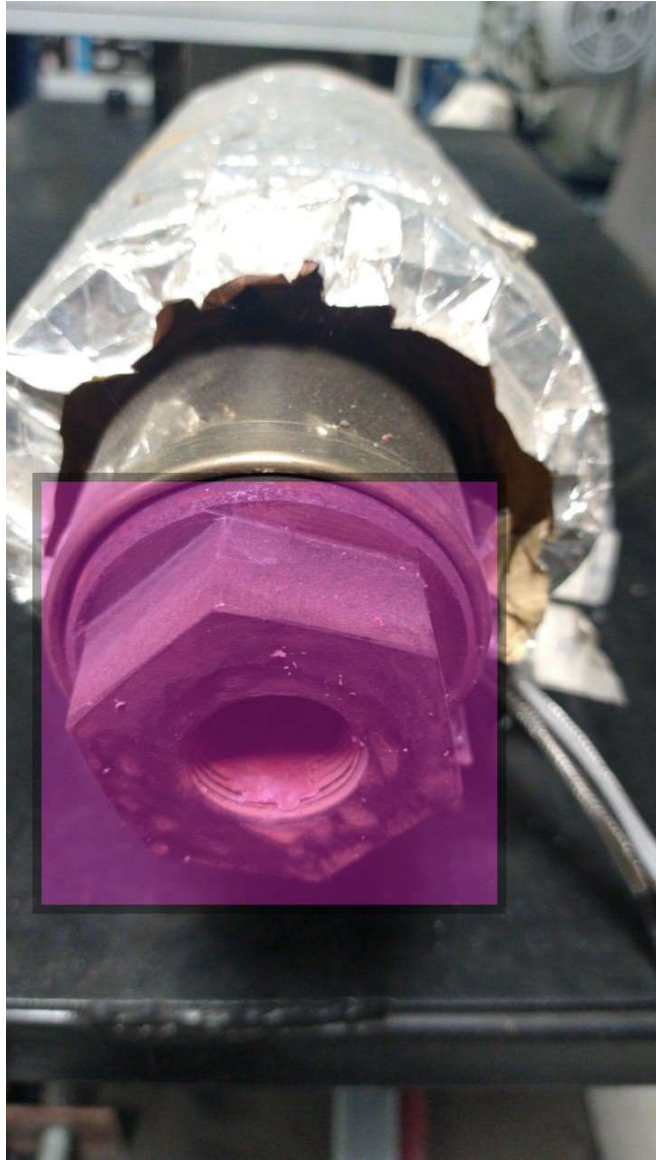


2. Superficie caliente

Guía Sistema mecánico





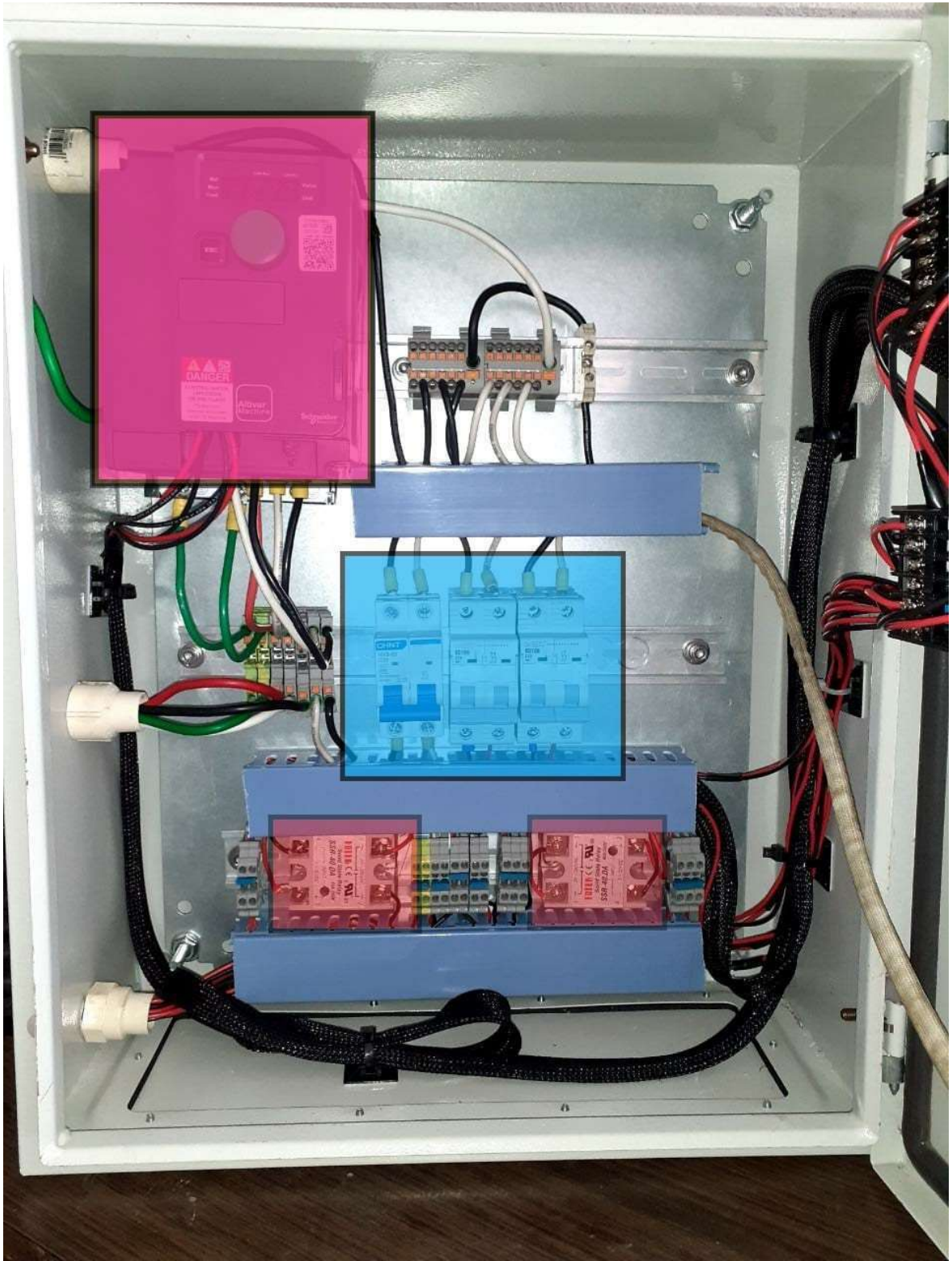


Guía de color sistema mecánico de extrusora:

- Motor WEG 3HP
- Caja reductora helicoidal Bonfiglioli
- Acople mecánico (con guarda)
- Tolva de alimentación
- Tornillo de extrusión
- Dado de extrusión

Guía Sistema eléctrico





Código de color panel eléctrico cerrado:

- **Paro de emergencia**
- **Controles de temperatura**
- **Control del motor**
- **Potenciómetro**

Código de color panel eléctrico abierto:

- **Variador de frecuencia**
- **Breaker**
- **Relé de estado sólido**

Instrucciones de operación general

Antes de comenzar con la operación, se debe tener la presencia de dos personas capaces de utilizar la máquina. NUNCA OPERE LA EXTRUSORA EN SOLITARIO.

Para llevar a cabo el proceso de extrusión, debe llevar a cabo los siguientes pasos:

1. Verifique que la máquina se encuentre desconectada del tomacorriente
2. Verifique que la guarda del acople mecánico esté colocada
3. Verifique que la tolva de alimentación se encuentra en posición de operación
4. Coloque el molde de extrusión en el dado de extrusión
5. Verifique que el potenciómetro del variador de frecuencia se encuentre en posición de velocidad cero. Esto es, topando en dirección contraria a las manecillas del reloj
6. Conecte la máquina al tomacorriente
7. Abra el panel eléctrico
8. Coloque los *breakers* en posición de encendido
9. Cierre el panel eléctrico
10. Coloque los *switch* de los dos controles de temperatura en ON
11. Coloque la temperatura de ambos controles en 380°C. Esperar a que los controladores indiquen que las resistencias alcanzaron esa temperatura
12. Coloque el *switch* del control del motor en ON
13. Varíe el potenciómetro de manera que pueda ver un movimiento leve del tornillo de extrusión
14. Aumente la velocidad del tornillo de extrusión hasta que llegue a la posición de velocidad máxima. Esto es, topando en dirección a favor de las manecillas del reloj
15. Coloque la herramienta de contrapresión dentro del molde y tapando el dado de extrusión
16. Introduzca el material a extruir en la tolva de alimentación
17. Espere a que la extrusora llene completamente el molde de extrusión. Esto lo puede ver por medio de la posición de la herramienta de contrapresión
18. Coloque el *switch* del control del motor en OFF

19. Coloque el potenciómetro del variador de frecuencia se encuentre en posición de velocidad cero. Esto es, topando en dirección contraria a las manecillas del reloj
20. Coloque los *switch* de los dos controles de temperatura en OFF
21. Espere a que el molde de extrusión se enfríe. Puede desensamblar el molde de extrusión del dado de extrusión si así lo prefiere
22. Retire el producto del molde de extrusión
23. Realice el proceso de limpieza del dado de extrusión. Esto lo puede ver con el código de programación D1.1 y/o D1.2 en el sistema de mantenimiento.
24. Coloque los *breakers* en posición de apagado

En caso de no cumplir el rendimiento esperado con alguno de los pasos anteriores, revise la guía para el sistema de mantenimiento.

En caso de instalación, movimiento o almacenamiento de la máquina. Refiérase al manual de mantenimiento donde encontrará información específica para cada componente.

Guía para el sistema de mantenimiento

En caso de incumplirse con el rendimiento en la operación o la incapacidad de continuar con los pasos de algún procedimiento, debe utilizar el sistema de mantenimiento de la máquina. Para utilizar efectivamente el sistema de mantenimiento debe seguir los siguientes pasos:

1. Utilice la guía de fallas para identificar el paso, elemento o acción que esté causando inconvenientes.
2. Utilice el código de falla encontrado para encontrar la posible causa del problema utilizando la guía de causas de falla
3. Para cada causa de falla, utilice la guía de programación para identificar las actividades a realizar por medio de los códigos de programación
4. Verifique la guía de actividades de mantenimiento para saber qué acciones debería tomar en cada situación
5. Utilice la guía de programación para encontrar en el manual de mantenimiento las tareas específicas o características generales que debe leer para realizar las acciones correctas
6. Filtre las actividades a realizar o revisar por medio de la verificación de la programación de actividades de mantenimiento
7. Realice las acciones indicadas en el manual de mantenimiento

Guía de fallas

FALLA FUNCIONAL	
CÓDIGO DE FALLA	DESCRIPCIÓN DE FALLA
1	LA EXTRUSIÓN NO ES CONTINUA
2	NO HAY EXTRUSIÓN
3	PRODUCTO TERMINADO PRESENTA INCONSISTENCIAS EN LA SUPERFICIE
4	EQUIPO OPERANDO A ELEVADA TEMPERATURA
5	RUIDO EXCESIVO
6	EXTRUSIÓN MUY LENTA
7	EL TORNILLO DE EXTRUSIÓN NO SE MUEVE
8	EL TORNILLO DE EXTRUSIÓN ESTÁ DAÑADO
9	LA TEMPERATURA DE LA EXTRUSORA SE PASA DEL PUNTO DE REFERENCIA

Guías de causas de falla

CÓDIGO DE FALLA	DESCRIPCIÓN DE FALLA	MODO DE FALLA	CAUSAS
1	LA EXTRUSIÓN NO ES CONTINUA	1.1.1	RODAMIENTOS DE LA CAJA REDUCTORA DAÑADA
		1.1.2	TORNILLO DE EXTRUSIÓN ATASCADO
		1.1.3	RUIDO EXCESIVO CERCANO AL ACOPLE
		1.1.4	TORNILLO CASTIGADOR DE ACOPLE FLOJO
		1.1.5	EL TAMAÑO DEL MATERIAL ES INADECUADO
		1.1.6	EL MATERIAL NO ESTÁ INGRESANDO CORRECTAMENTE EN LA TOLVA
		1.1.7	NO SE HIZO LA CONTRAPRESIÓN ADECUADA
		1.1.8	NO SE HIZO LA LIMPIEZA DEL TORNILLO DE EXTRUSIÓN
		1.1.9	EL DADO ESTÁ OBSTRUIDO
		1.2.1	VARIACIÓN DE VOLTAJE
		1.2.2	LA TEMPERATURA DE LAS RESISTENCIAS NO ES ADECUADA
		1.2.3	LA RESISTENCIA ESTÁ QUEMADA
		1.2.4	VARIADOR DE FRECUENCIA DESCONFIGURADO
		1.2.5	VARIADOR DE FRECUENCIA QUEMADO
		1.2.6	RODAMIENTOS DEL MOTOR DAÑADOS

CÓDIGO DE FALLA	DESCRIPCIÓN DE FALLA	MODO DE FALLA	CAUSAS
2	NO HAY EXTRUSIÓN	2.1.1	RODAMIENTOS DE LA CAJA REDUCTORA DAÑADA
		2.1.2	TORNILLO DE EXTRUSIÓN ATASCADO
		2.1.3	RUIDO EXCESIVO CERCANO AL ACOPLA
		2.1.4	TORNILLO CASTIGADOR DE ACOPLA FLOJO
		2.1.5	EL TAMAÑO DEL MATERIAL ES INADECUADO
		2.1.6	EL MATERIAL NO ESTÁ INGRESANDO CORRECTAMENTE EN LA TOLVA
		2.1.7	NO SE HIZO LA LIMPIEZA DEL TORNILLO DE EXTRUSIÓN
		2.1.8	EL DADO ESTÁ OBSTRUIDO
		2.2.1	VARIACIÓN DE VOLTAJE
		2.2.2	LA TEMPERATURA DE LAS RESISTENCIAS NO ES ADECUADA
		2.2.3	LA RESISTENCIA ESTÁ QUEMADA
		2.2.4	VARIADOR DE FRECUENCIA DESCONFIGURADO
		2.2.5	VARIADOR DE FRECUENCIA QUEMADO
		2.2.6	RODAMIENTOS DEL MOTOR DAÑADOS

CÓDIGO DE FALLA	DESCRIPCIÓN DE FALLA	MODO DE FALLA	CAUSAS
3	PRODUCTO TERMINADO PRESENTA INCONSISTENCIAS EN LA SUPERFICIE	3.1.1	NO HAY CORRECTA SELECCIÓN DE MATERIAL
		3.1.2	EL TAMAÑO DEL MATERIAL ES INADECUADO
		3.1.3	LA MÁQUINA ESTÁ HUMEDA
		3.1.4	EL TORNILLO DE EXTRUSIÓN ESTÁ DAÑADO
		3.1.5	NO SE HIZO LA CONTRAPRESIÓN ADECUADA
		3.1.6	EL MATERIAL SE MEZCLÓ CON RESIDUOS DE UNA EXTRUSIÓN ANTERIOR
		3.1.7	NO SE HIZO LA LIMPIEZA DEL TORNILLO DE EXTRUSIÓN
		3.1.8	EL MATERIAL NO ESTÁ INGRESANDO CORRECTAMENTE EN LA TOLVA
		3.1.9	EL MOLDE ESTÁ DAÑADO
		3.2.1	VARIACIÓN DE VOLTAJE
		3.2.2	LA TEMPERATURA DE LAS RESISTENCIAS NO ES ADECUADA
		3.2.3	LA RESISTENCIA ESTÁ QUEMADA
		3.2.4	VARIADOR DE FRECUENCIA DESCONFIGURADO
		3.2.5	VARIADOR DE FRECUENCIA QUEMADO
		3.2.6	RODAMIENTOS DEL MOTOR DAÑADOS

CÓDIGO DE FALLA	DESCRIPCIÓN DE FALLA	MODO DE FALLA	CAUSAS
4	EQUIPO OPERANDO A ELEVADA TEMPERATURA	4.1.1	NO HAY CORRECTA SELECCIÓN DE MATERIAL
		4.1.2	EL TAMAÑO DEL MATERIAL ES INADECUADO
		4.1.3	LA MÁQUINA ESTÁ HUMEDA
		4.1.4	EL TORNILLO DE EXTRUSIÓN ESTÁ DAÑADO
		4.1.5	EL TORNILLO DE EXTRUSIÓN ESTÁ OBSTRUIDO
		4.1.6	LA CAJA REDUCTORA SE ESTÁ SOBRECALENTANDO
		4.2.1	VARIACIÓN DE VOLTAJE
		4.2.2	LA TEMPERATURA DE LAS RESISTENCIAS NO ES ADECUADA
		4.2.3	LA RESISTENCIA ESTÁ QUEMADA
		4.2.4	VARIADOR DE FRECUENCIA DESCONFIGURADO
		4.2.5	VARIADOR DE FRECUENCIA QUEMADO
		4.2.6	RODAMIENTOS DEL MOTOR DAÑADOS
		4.2.7	POCA VENTILACIÓN

CÓDIGO DE FALLA	DESCRIPCIÓN DE FALLA	MODO DE FALLA	CAUSAS
5	RUIDO EXCESIVO	5.1.1	NO HAY CORRECTA SELECCIÓN DE MATERIAL
		5.1.2	EL TAMAÑO DEL MATERIAL ES INADECUADO
		5.1.3	LA MÁQUINA ESTÁ HUMEDA
		5.1.4	EL TORNILLO DE EXTRUSIÓN ESTÁ DAÑADO
		5.1.5	NO SE HIZO LA CONTRAPRESIÓN ADECUADA
		5.1.6	ALINEACIÓN INCORRECTA
		5.1.7	EL DADO ESTÁ OBSTRUIDO
		5.1.8	TORNILLO DE EXTRUSIÓN ATASCADO
		5.1.9	RUIDO EXCESIVO CERCANO AL ACOUPLE
		5.1.10	TORNILLO CASTIGADOR DE ACOUPLE FLOJO
		5.2.1	VARIACIÓN DE VOLTAJE
		5.2.2	LA TEMPERATURA DE LAS RESISTENCIAS NO ES ADECUADA
		5.2.3	LA RESISTENCIA ESTÁ QUEMADA
		5.2.4	VARIADOR DE FRECUENCIA DESCONFIGURADO
		5.2.5	VARIADOR DE FRECUENCIA QUEMADO
		5.2.6	RODAMIENTOS DEL MOTOR DAÑADOS

CÓDIGO DE FALLA	DESCRIPCIÓN DE FALLA	MODO DE FALLA	CAUSAS
6	EXTRUSIÓN MUY LENTA	6.1.1	EL DADO ESTÁ DAÑADO
		6.1.2	NO HAY MATERIAL EN LA TOLVA
		6.1.3	NO SE HIZO LA LIMPIEZA DEL TORNILLO DE EXTRUSIÓN
		6.1.4	EL DADO ESTÁ OBSTRUIDO
		6.1.5	TORNILLO DE EXTRUSIÓN ATASCADO
		6.2.1	VARIACIÓN DE VOLTAJE
		6.2.2	LA TEMPERATURA DE LAS RESISTENCIAS NO ES ADECUADA
		6.2.3	LA RESISTENCIA ESTÁ QUEMADA
		6.2.4	VARIADOR DE FRECUENCIA DESCONFIGURADO
		6.2.5	VARIADOR DE FRECUENCIA QUEMADO
		6.2.6	RODAMIENTOS DEL MOTOR DAÑADOS

CÓDIGO DE FALLA	DESCRIPCIÓN DE FALLA	MODO DE FALLA	CAUSAS
7	EL TORNILLO DE EXTRUSIÓN NO SE MUEVE	7.1.1	NO HAY CORRECTA SELECCIÓN DE MATERIAL
		7.1.2	EL TAMAÑO DEL MATERIAL ES INADECUADO
		7.1.3	OBJETO EXTRAÑO OBSTRUYENDO EL TORNILLO DE EXTRUSIÓN
		7.1.4	TORNILLO CASTIGADOR DE ACOPLE FLOJO
		7.1.5	EL DADO ESTÁ OBSTRUIDO
		7.2.1	VARIACIÓN DE VOLTAJE
		7.2.2	LA TEMPERATURA DE LAS RESISTENCIAS NO ES ADECUADA
		7.2.3	LA RESISTENCIA ESTÁ QUEMADA
		7.2.4	VARIADOR DE FRECUENCIA DESCONFIGURADO
		7.2.5	VARIADOR DE FRECUENCIA QUEMADO
		7.2.6	RODAMIENTOS DEL MOTOR DAÑADOS
		7.2.7	ESCOBILLAS DEL MOTOR GASTADAS

CÓDIGO DE FALLA	DESCRIPCIÓN DE FALLA	MODO DE FALLA	CAUSAS
8	EL TORNILLO DE EXTRUSIÓN ESTÁ DAÑADO	8.1.1	NO HAY CORRECTA SELECCIÓN DE MATERIAL
		8.1.2	SOPORTE NO APROPIADO PARA MÁQUINA
		8.2.1	VARIACIÓN DE VOLTAJE
		8.2.2	LA TEMPERATURA DE LAS RESISTENCIAS NO ES ADECUADA
		8.2.3	LA RESISTENCIA ESTÁ QUEMADA
		8.2.4	VARIADOR DE FRECUENCIA DESCONFIGURADO
		8.2.5	VARIADOR DE FRECUENCIA QUEMADO

CÓDIGO DE FALLA	DESCRIPCIÓN DE FALLA	MODO DE FALLA	CAUSAS
9	LA TEMPERATURA DE LA EXTRUSORA SE PASA DEL PUNTO DE REFERENCIA	9.1.1	MAL CONTACTO DE LAS RESISTENCIAS
		9.2.1	VARIACIÓN DE VOLTAJE
		9.2.2	LA RESISTENCIA ESTÁ QUEMADA
		9.2.3	LA RESISTENCIA ESTÁ DESCONECTADA
		9.2.4	EL INDICADOR DE TEMPERATURA ESTÁ DESCONECTADO

Guías de programación

MODO DE FALLA	TIPO DE ACCIÓN	CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN, CONTENIDO EN PROGRAMA DE ACTIVIDADES	RUTA DE REFERENCIA EN MANUAL DE MANTENIMIENTO
1.1.1	TAREA CORRECTIVA	CR1.1,CR1.4,CR1.7	SISTEMA MECÁNICO - CAJA REDUCTORA BONFIGLIOLI C412 - SOLUCIÓN DE PROBLEMAS
1.1.2	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	M1.2	SISTEMA MECÁNICO - MOTOR WEG 3HP - SOLUCIÓN DE PROBLEMAS
1.1.3	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	AM1.4,AM1.5	SISTEMA MECÁNICO - ACOPLER MECÁNICO - CARACTERÍSTICAS GENERALES
1.1.4	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	AM1.4	SISTEMA MECÁNICO - ACOPLER MECÁNICO - CARACTERÍSTICAS GENERALES
1.1.5	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	TE1.1	SISTEMA MECÁNICO - TORNILLO DE EXTRUSIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
1.1.6	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	TA1.1,TA1.2,TA1.3	SISTEMA MECÁNICO - TOLVA DE ALIMENTACIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
1.1.7	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	HC1.1	SISTEMA MECÁNICO - HERRAMIENTA DE CONTRAPRESIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
1.1.8	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	TE1.1,TE1.2	SISTEMA MECÁNICO - TORNILLO DE EXTRUSIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
1.1.9	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	D1.1	SISTEMA MECÁNICO - DADO DE EXTRUSIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
1.2.1	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	RE1.3,CT1.3	SISTEMA ELÉCTRICO - RESISTENCIA ELÉCTRICA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
1.2.2	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	RE1.3,CT1.1,CT1.2	SISTEMA ELÉCTRICO - RESISTENCIA ELÉCTRICA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
1.2.3	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	CE1.1,RE1.1,RE1.2,RE1.3, CT1.1,CT1.2,CT1.3,CT1.4	SISTEMA ELÉCTRICO - CONTROL DE TEMPERATURA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
1.2.4	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	VF1.1,VF1.2,VF1.3,VF1.4	SISTEMA ELÉCTRICO - VARIADOR DE FRECUENCIA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
1.2.5	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	VF1.1,VF1.2,VF1.3,VF1.4	SISTEMA ELÉCTRICO - VARIADOR DE FRECUENCIA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
1.2.6	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	M1.1,M1.2,M1.3,M1.4,M1.5	SISTEMA MECÁNICO - MOTOR WEG 3HP - SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

MODO DE FALLA	TIPO DE ACCIÓN	CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN, CONTENIDO EN PROGRAMA DE ACTIVIDADES	RUTA DE REFERENCIA EN MANUAL DE MANTENIMIENTO
2.1.1	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	CR1.1,CR1.4,CR1.7	SISTEMA MECÁNICO - CAJA REDUCTORA BONFIGLIOLI C412 - SOLUCIÓN DE PROBLEMAS
2.1.2	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	M1.2	SISTEMA MECÁNICO - MOTOR WEG 3HP - SOLUCIÓN DE PROBLEMAS
2.1.3	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	AM1.1,AM1.2,AM1.3,AM1.4,AM1.5	SISTEMA MECÁNICO - ACOPLER MECÁNICO - CARACTERÍSTICAS GENERALES
2.1.4	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	AM1.4	SISTEMA MECÁNICO - ACOPLER MECÁNICO - CARACTERÍSTICAS GENERALES
2.1.5	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	TE1.1	SISTEMA MECÁNICO - TORNILLO DE EXTRUSIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
2.1.6	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	TA1.1,TA1.2,TA1.3	SISTEMA MECÁNICO - TOLVA DE ALIMENTACIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
2.1.7	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	TE1.1,TE1.2	SISTEMA MECÁNICO - TORNILLO DE EXTRUSIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
2.1.8	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	D1.1	SISTEMA MECÁNICO - DADO DE EXTRUSIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
2.2.1	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	RE1.3,CT1.3	SISTEMA ELÉCTRICO - CONTROL DE TEMPERATURA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
2.2.2	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	CT1.2	SISTEMA ELÉCTRICO - CONTROL DE TEMPERATURA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
2.2.3	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	CE1.1,RE1.1,RE1.2,RE1.3, CT1.1,CT1.2,CT1.3,CT1.4	SISTEMA ELÉCTRICO - CONTROL DE TEMPERATURA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
2.2.4	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	VF1.1,VF1.2,VF1.3,VF1.4	SISTEMA ELÉCTRICO - VARIADOR DE FRECUENCIA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
2.2.5	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	VF1.1,VF1.2,VF1.3,VF1.4	SISTEMA ELÉCTRICO - VARIADOR DE FRECUENCIA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
2.2.6	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	M1.1,M1.2,M1.4	SISTEMA MECÁNICO - MOTOR WEG 3HP - SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

MODO DE FALLA	TIPO DE ACCIÓN	CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN, CONTENIDO EN PROGRAMA DE ACTIVIDADES	ruta de referencia en manual de mantenimiento
3.1.1	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	TE1.1	SISTEMA MECÁNICO - TORNILLO DE EXTRUSIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
3.1.2	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	TE1.1	SISTEMA MECÁNICO - TORNILLO DE EXTRUSIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
3.1.3	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	T1.1,M1.5.CR1.6	SISTEMA MECÁNICO - CAJA REDUCTORA BONFIGLIOLI C412 - SOLUCIÓN DE PROBLEMAS
3.1.4	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	TE1.1,TE1.2	SISTEMA MECÁNICO - TORNILLO DE EXTRUSIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
3.1.5	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	HC1.1	SISTEMA MECÁNICO - HERRAMIENTA DE CONTRAPRESIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
3.1.6	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	D1.1,D1.2	SISTEMA MECÁNICO - DADO DE EXTRUSIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
3.1.7	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	TE1.1,TE1.2	SISTEMA MECÁNICO - TORNILLO DE EXTRUSIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
3.1.8	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	TA1.1,TA1.2,TA1.3	SISTEMA MECÁNICO - TOLVA DE ALIMENTACIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
3.1.9	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	MO1.1	SISTEMA MECÁNICO - MOLDE DE EXTRUSIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
3.2.1	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	RE1.3,CT1.3	SISTEMA ELÉCTRICO - CONTROL DE TEMPERATURA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
3.2.2	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	CT1.2	SISTEMA ELÉCTRICO - CONTROL DE TEMPERATURA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
3.2.3	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	CE1.1,RE1.1,RE1.2,RE1.3, CT1.1,CT1.2,CT1.3,CT1.4	SISTEMA ELÉCTRICO - CONTROL DE TEMPERATURA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
3.2.4	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	VF1.1,VF1.2,VF1.3,VF1.4	SISTEMA ELÉCTRICO - VARIADOR DE FRECUENCIA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
3.2.5	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	VF1.1,VF1.2,VF1.3,VF1.4	SISTEMA ELÉCTRICO - VARIADOR DE FRECUENCIA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
3.2.6	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	M1.1,M1.2,M1.4	SISTEMA MECÁNICO - MOTOR WEG 3HP - SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

MODO DE FALLA	TIPO DE ACCIÓN	CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN, CONTENIDO EN PROGRAMA DE ACTIVIDADES	ruta de referencia en manual de mantenimiento
4.1.1	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	TE1.1	SISTEMA MECÁNICO - TORNILLO DE EXTRUSIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
4.1.2	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	TE1.1	SISTEMA MECÁNICO - TORNILLO DE EXTRUSIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
4.1.3	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	T1.1,M1.5.CR1.6	SISTEMA MECÁNICO - CAJA REDUCTORA BONFIGLIOLI C412 - SOLUCIÓN DE PROBLEMAS
4.1.4	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	TE1.1,TE1.2	SISTEMA MECÁNICO - TORNILLO DE EXTRUSIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
4.1.5	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	TE1.1,TE1.2	SISTEMA MECÁNICO - TORNILLO DE EXTRUSIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
4.1.6	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	CR1.9	SISTEMA MECÁNICO - CAJA REDUCTORA BONFIGLIOLI C412 - SOLUCIÓN DE PROBLEMAS
4.2.1	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	RE1.3,CT1.3	SISTEMA ELÉCTRICO - CONTROL DE TEMPERATURA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
4.2.2	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	CT1.2	SISTEMA ELÉCTRICO - CONTROL DE TEMPERATURA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
4.2.3	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	CE1.1,RE1.1,RE1.2,RE1.3, CT1.1,CT1.2,CT1.3,CT1.4	SISTEMA ELÉCTRICO - CONTROL DE TEMPERATURA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
4.2.4	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	VF1.1,VF1.2,VF1.3,VF1.4	SISTEMA ELÉCTRICO - VARIADOR DE FRECUENCIA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
4.2.5	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	VF1.1,VF1.2,VF1.3,VF1.4	SISTEMA ELÉCTRICO - VARIADOR DE FRECUENCIA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
4.2.6	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	M1.1,M1.2,M1.4	SISTEMA MECÁNICO - MOTOR WEG 3HP - SOLUCIÓN DE PROBLEMAS
4.2.7	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	M1.3,CR1.9	SISTEMA MECÁNICO - CAJA REDUCTORA BONFIGLIOLI C412 - SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

MODO DE FALLA	TIPO DE ACCIÓN	CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN, CONTENIDO EN PROGRAMA DE ACTIVIDADES	ruta de referencia en manual de mantenimiento
5.1.1	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	TE1.1	SISTEMA MECÁNICO - TORNILLO DE EXTRUSIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
5.1.2	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	TE1.1	SISTEMA MECÁNICO - TORNILLO DE EXTRUSIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
5.1.3	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	T1.1,M1.5.CR1.6	SISTEMA MECÁNICO - CAJA REDUCTORA BONFIGLIOLI C412 - SOLUCIÓN DE PROBLEMAS
5.1.4	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	TE1.1,TE1.2	SISTEMA MECÁNICO - TORNILLO DE EXTRUSIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
5.1.5	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	HC1.1	SISTEMA MECÁNICO - HERRAMIENTA DE CONTRAPRESIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
5.1.6	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	CR1.10,AM1.3	SISTEMA MECÁNICO - CAJA REDUCTORA BONFIGLIOLI C412 - SOLUCIÓN DE PROBLEMAS
5.1.7	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	D1.1	SISTEMA MECÁNICO - DADO DE EXTRUSIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
5.1.8	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	TE1.1,TE1.2	SISTEMA MECÁNICO - TORNILLO DE EXTRUSIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
5.1.9	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	AM1.1,AM1.2,AM1.3,AM1.4,AM1.5	SISTEMA MECÁNICO - ACOPLER MECÁNICO - CARACTERÍSTICAS GENERALES
5.1.10	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	AM1.4	SISTEMA MECÁNICO - ACOPLER MECÁNICO - CARACTERÍSTICAS GENERALES
5.2.1	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	RE1.3,CT1.3	SISTEMA ELÉCTRICO - CONTROL DE TEMPERATURA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
5.2.2	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	CT1.2	SISTEMA ELÉCTRICO - CONTROL DE TEMPERATURA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
5.2.3	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	CE1.1,RE1.1,RE1.2,RE1.3, CT1.1,CT1.2,CT1.3,CT1.4	SISTEMA ELÉCTRICO - CONTROL DE TEMPERATURA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
5.2.4	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	VF1.1,VF1.2,VF1.3,VF1.4	SISTEMA ELÉCTRICO - VARIADOR DE FRECUENCIA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
5.2.5	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	VF1.1,VF1.2,VF1.3,VF1.4	SISTEMA ELÉCTRICO - VARIADOR DE FRECUENCIA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
5.2.6	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	M1.1,M1.2,M1.4	SISTEMA MECÁNICO - MOTOR WEG 3HP - SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

MODO DE FALLA	TIPO DE ACCIÓN	CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN, CONTENIDO EN PROGRAMA DE ACTIVIDADES	RUTA DE REFERENCIA EN MANUAL DE MANTENIMIENTO
6.1.1	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	D1.1	SISTEMA MECÁNICO - DADO DE EXTRUSIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
6.1.2	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	TA1.1,TA1.2,TA1.3	SISTEMA MECÁNICO - TOLVA DE ALIMENTACIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
6.1.3	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	TE1.1,TE1.2	SISTEMA MECÁNICO - TORNILLO DE EXTRUSIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
6.1.4	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	D1.1	SISTEMA MECÁNICO - DADO DE EXTRUSIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
6.1.5	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	TE1.1	SISTEMA MECÁNICO - TORNILLO DE EXTRUSIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
6.2.1	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	RE1.3,CT1.3	SISTEMA ELÉCTRICO - CONTROL DE TEMPERATURA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
6.2.2	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	CT1.2	SISTEMA ELÉCTRICO - CONTROL DE TEMPERATURA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
6.2.3	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	CE1.1,RE1.1,RE1.2,RE1.3, CT1.1,CT1.2,CT1.3,CT1.4	SISTEMA ELÉCTRICO - CONTROL DE TEMPERATURA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
6.2.4	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	VF1.1,VF1.2,VF1.3,VF1.4	SISTEMA ELÉCTRICO - VARIADOR DE FRECUENCIA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
6.2.5	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	VF1.1,VF1.2,VF1.3,VF1.4	SISTEMA ELÉCTRICO - VARIADOR DE FRECUENCIA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
6.2.6	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	M1.1,M1.2,M1.4	SISTEMA MECÁNICO - MOTOR WEG 3HP - SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

MODO DE FALLA	TIPO DE ACCIÓN	CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN, CONTENIDO EN PROGRAMA DE ACTIVIDADES	RUTA DE REFERENCIA EN MANUAL DE MANTENIMIENTO
7.1.1	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	TE1.1	SISTEMA MECÁNICO - TORNILLO DE EXTRUSIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
7.1.2	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	TE1.1	SISTEMA MECÁNICO - TORNILLO DE EXTRUSIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
7.1.3	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	TA1.2,TA1.3	SISTEMA MECÁNICO - TOLVA DE ALIMENTACIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
7.1.4	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	AM1.4	SISTEMA MECÁNICO - ACOPLE MECÁNICO - CARACTERÍSTICAS GENERALES
7.1.5	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	D1.1	SISTEMA MECÁNICO - DADO DE EXTRUSIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
7.2.1	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	RE1.3,CT1.3	SISTEMA ELÉCTRICO - CONTROL DE TEMPERATURA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
7.2.2	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	RE1.3,CT1.1,CT1.2	SISTEMA ELÉCTRICO - CONTROL DE TEMPERATURA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
7.2.3	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	CE1.1,RE1.1,RE1.2,RE1.3, CT1.1,CT1.2,CT1.3,CT1.4	SISTEMA ELÉCTRICO - CONTROL DE TEMPERATURA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
7.2.4	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	VF1.1,VF1.2,VF1.3,VF1.4	SISTEMA ELÉCTRICO - VARIADOR DE FRECUENCIA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
7.2.5	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	VF1.1,VF1.2,VF1.3,VF1.4	SISTEMA ELÉCTRICO - VARIADOR DE FRECUENCIA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
7.2.6	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	M1.1,M1.2,M1.4	SISTEMA MECÁNICO - MOTOR WEG 3HP - SOLUCIÓN DE PROBLEMAS
7.2.7	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	M1.4	SISTEMA MECÁNICO - MOTOR WEG 3HP - SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

MODO DE FALLA	TIPO DE ACCIÓN	CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN, CONTENIDO EN PROGRAMA DE ACTIVIDADES	RUTA DE REFERENCIA EN MANUAL DE MANTENIMIENTO
8.1.1	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	TE1.1	SISTEMA MECÁNICO - TORNILLO DE EXTRUSIÓN - CARACTERÍSTICAS GENERALES
8.1.2	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	M1.1,M1.2,CR1.1	SISTEMA MECÁNICO - MOTOR WEG 3HP - SOLUCIÓN DE PROBLEMAS
8.2.1	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	RE1.3,CT1.3	SISTEMA ELÉCTRICO - CONTROL DE TEMPERATURA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
8.2.2	REVISIÓN DIARIA, CORRECCIÓN DEL ELEMENTO	RE1.3,CT1.1	SISTEMA ELÉCTRICO - CONTROL DE TEMPERATURA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
8.2.3	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	CE1.1,RE1.1,RE1.2,RE1.3, CT1.1,CT1.2,CT1.3,CT1.4	SISTEMA ELÉCTRICO - CONTROL DE TEMPERATURA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
8.2.4	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	VF1.1,VF1.2,VF1.3,VF1.4	SISTEMA ELÉCTRICO - VARIADOR DE FRECUENCIA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
8.2.5	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	VF1.1,VF1.2,VF1.3,VF1.4	SISTEMA ELÉCTRICO - VARIADOR DE FRECUENCIA - CARACTERÍSTICAS GENERALES

MODO DE FALLA	TIPO DE ACCIÓN	CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN, CONTENIDO EN PROGRAMA DE ACTIVIDADES	RUTA DE REFERENCIA EN MANUAL DE MANTENIMIENTO
9.1.1	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	RE1.1,RE1.3,CT1.1,CT1.2,CT1.3	SISTEMA ELÉCTRICO - CONTROL DE TEMPERATURA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
9.2.1	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	RE1.3,CT1.3	SISTEMA ELÉCTRICO - CONTROL DE TEMPERATURA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
9.2.2	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	CE1.1,RE1.1,RE1.2,RE1.3, CT1.1,CT1.2,CT1.3,CT1.4	SISTEMA ELÉCTRICO - CONTROL DE TEMPERATURA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
9.2.3	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	RE1.1,RE1.2,RE1.3	SISTEMA ELÉCTRICO - RESISTENCIA ELÉCTRICA - CARACTERÍSTICAS GENERALES
9.2.4	REVISIÓN DIARIA, USUARIO	RE1.1,RE1.2,RE1.3	SISTEMA ELÉCTRICO - RESISTENCIA ELÉCTRICA - CARACTERÍSTICAS GENERALES

Guías de actividades de mantenimiento

SISTEMA	ELEMENTO	ACTIVIDAD	CÓDIGO
MECÁNICO	MOTOR WEG 3HP	ESCUCHAR RUIDOS	M1.1
		PERCIBIR VIBRACIONES ANORMALES	M1.2
		REVISAR LA TEMPERATURA EXTERIOR	M1.3
		REVISIÓN INTERNA	M1.4
		LIMPIEZA	M1.5
	CAJA REDUCTORA HELICOIDAL BONFIGLIOLI	ESCUCHAR RUIDOS	CR1.1
		PERCIBIR VIBRACIONES ANORMALES	M1.2
		CAMBIO DE EMPAQUES	CR1.2
		CAMBIO DE RETENEDORES	CR1.3
		CAMBIO DE RODAMIENTOS	CR1.4
		REVISIÓN INTERNA	CR1.5
		LIMPIEZA	CR1.6
		REVISIÓN DE FUGAS DE LUBRICANTE	CR1.7
		APRETAR TORNILLOS	CR1.8
		REVISAR LA TEMPERATURA EXTERIOR	CR1.9
	ALINEACIÓN	CR1.10	
	ACOPLE MECÁNICO	REVISIÓN VISUAL DE LA SUPERFICIE	AM1.1
		LUBRICAR	AM1.2
		ALINEACIÓN	AM1.3
		APRETAR TORNILLOS	AM1.4
		VERIFICAR INTEGRIDAD DE GUARDA	AM1.5
	TOLVA DE ALIMENTACIÓN	VERIFICAR INTEGRIDAD DE LA TOLVA	TA1.1
		VERIFICAR ALINEACIÓN CON TORNILLO DE EXTRUSIÓN	TA1.2
		APRETAR TORNILLOS DE SUJECCIÓN	TA1.3
	TORNILLO DE EXTRUSIÓN	VERIFICAR EL MOVIMIENTO DEL TORNILLO	TE1.1
	DADO DE EXTRUSIÓN	VERIFICAR QUE LA BOQUILLA ESTÉ LIBRE	D1.1
		VERIFICACIÓN VISUAL DE LA SUPERFICIE	D1.2
	MOLDE DE EXTRUSIÓN	VERIFICAR INTEGRIDAD DEL MOLDE	MO1.1
	HERRAMIENTA DE CONTRAPRESIÓN	VERIFIQUE LA INTEGRIDAD DE LA HERRAMIENTA	HC1.1

SISTEMA	ELEMENTO	ACTIVIDAD	CÓDIGO
ELÉCTRICO	TABLERO ELÉCTRICO	VERIFICAR LA INTEGRIDAD DEL TABLERO	T1.1
	VARIADOR DE FRECUENCIA SCHNEIDER	VERIFICAR VOLTAJES DE OPERACIÓN	VF1.1
		VERIFICAR VISUALIZACIÓN DE MENSAJES EN PANTALLA	VF1.2
		REVISIÓN VISUAL DE LA CUBIERTA	VF1.3
		ESCUCHAR RUIDOS	VF1.4
	RELAY DE ESTADO SÓLIDO #16	VERIFICAR TORNILLOS APRETADOS	R1.1
		VERIFICACIÓN VISUAL DE CABLEADOS	R1.2
		VERIFICACIÓN VISUAL DE LA SUPERFICIE	R1.3
	BREAKER 10A	VERIFICACIÓN VISUAL DEL CABLEADO	B1.1
		VERIFICACIÓN VISUAL DE LA SUPERFICIE	B1.2
		PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO	B1.3
		PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO MECÁNICO	B1.4
		PERCIBIR AUMENTO DE TEMPERATURA EXCESIVO	B1.5
	POTENCIOMETRO	VERIFICACIÓN VISUAL DEL CABLEADO	P1.1
	CABLE ELÉCTRICO	VERIFICACIÓN VISUAL DEL CABLEADO	CE1.1
	RESISTENCIA ELÉCTRICA	VERIFICACIÓN VISUAL DE LA SUPERFICIE	RE1.1
		LIMPIEZA	RE1.2
		VERIFICAR VOLTAJES DE OPERACIÓN	RE1.3
	CONTROL DE TEMPERATURA	VERIFICAR VOLTAJES DE OPERACIÓN	CT1.1
		VERIFICAR VISUALIZACIÓN DE MENSAJES EN PANTALLA	CT1.2
REVISIÓN VISUAL DE LA CUBIERTA		CT1.3	
LIMPIEZA		CT1.4	

Programación de actividades de mantenimiento

CÓDIGO	FRECUENCIA (HORAS)				
	24	168	720	2160	4320
M1.1	X				
M1.2	X				
M1.3	X				
M1.4			X		
M1.5			X		
CR1.1	X				
M1.2	X				
CR1.2					X
CR1.3					X
CR1.4					X
CR1.5					X
CR1.6				X	
CR1.7	X				
CR1.8			X		
CR1.9	X				
CR1.10				X	
AM1.1	X				
AM1.2				X	
AM1.3				X	
AM1.4		X			
AM1.5	X				
TA1.1	X				
TA1.2					
TA1.3	X				
TE1.1	X				
D1.1	X				
D1.2	X				
MO1.1	X				
HC1.1	X				

CÓDIGO	FRECUENCIA (HORAS)				
	24	168	720	2160	4320
T1.1	X				
VF1.1				X	
VF1.2	X				
VF1.3	X				
VF1.4	X				
R1.1		X			
R1.2	X				
R1.3	X				
B1.1	X				
B1.2	X				
B1.3				X	
B1.4	X				
B1.5	X				
P1.1	X				
CE1.1	X				
RE1.1	X				
RE1.2				X	
RE1.3					X
CT1.1			X		
CT1.2	X				
CT1.3	X				
CT1.4				X	

Anexo 2. Manual de mantenimiento – MM1-EP

Departamento de Ingeniería Mecánica



Manual de mantenimiento para extrusora de plástico reciclado

Diego Aguirre Segura

Guatemala, 2020

Prefacio

El propósito de este manual de mantenimiento es el de proveer al usuario con la información necesaria para llevar a cabo un correcto proceso de mantenimiento de cada uno de los elementos presentes en la extrusora de plástico reciclado.

La incapacidad de seguir con la información dada en este manual puede resultar en riesgos a la salud del usuario, así como a la integridad de la máquina.

Este manual, así como la documentación de la máquina debe ser almacenado en una ubicación que permita su conservación y accesibilidad para las personas involucradas.

Seguridad

Lineamientos generales

- La máquina fue diseñada siguiendo de acuerdo con estándares técnicos y factores de seguridad que permiten una operación adecuada y segura. Sin embargo, a lo largo de la operación de la máquina pueden aparecer riesgos a la salud e integridad tanto del usuario como de la máquina.
- Únicamente debe utilizarse la máquina cuando esté en condiciones óptimas de operación y siguiendo los lineamientos del manual de operación.
- La máquina debe ser atendida por dos operadores en todo momento.
- El personal operativo no debe llevar ningún tipo de joyería, pulseras, relojes, collares, pelo suelto o cualquier otro elemento que pueda atascarse en la máquina.
- El personal operativo debe utilizar zapatos cerrados, ropa ajustada, lentes de seguridad, mascarilla y guantes de protección.
- Nunca toque los componentes calientes de la máquina de manera directa
- El personal debe estar siempre atento a sus alrededores.
- En caso de emergencia, interrumpa la operación de la máquina de manera inmediata. Siga el procedimiento de paro de emergencia.
- En caso de cualquier daño, modificación o alteración a la máquina o materia prima, infórmese inmediatamente a la persona encargada correspondiente.

Personal

Se entiende como personal operativo a todas las personas que se encuentren en contacto directo o indirecto con la máquina. Únicamente se permite que personas que cumplan con los requisitos necesarios puedan interactuar con esta máquina.

Requisitos del personal

El personal operativo calificado es aquel que tiene experiencia en el uso de maquinaria similar o tiene un trasfondo de educación técnica. Así mismo, el personal calificado es aquel que ha leído el manual de operación de la máquina de manera completa y es capaz de identificar peligros, analizar riesgos y evitar situaciones peligrosas causadas por la máquina, químicos u otros componentes de esta.

Elementos de seguridad

En distintos puntos de la máquina se tienen desplegadas señalizaciones de seguridad. Existen dos estándares, ISO y ANSI. En este caso, se utilizarán únicamente las señalizaciones ISO.

En caso de tener señalizaciones dañadas o faltantes, reemplazarlas inmediatamente. El incumplimiento de esto podría resultar en el aumento de riesgo de muerte y/o lesiones.

En la máquina encontrará principalmente las siguientes señalizaciones:



1. Peligro de aplastamiento



2. Superficie caliente

Sistemas

Los sistemas que componen la extrusora de plástico reciclado están distribuidos de la siguiente manera:

SISTEMA	ELEMENTO
MECÁNICO	MOTOR WEG 3HP
	CAJA REDUCTORA HELICOIDAL BONFIGLIOLI
	ACOPLE MECÁNICO
	TOLVA DE ALIMENTACIÓN
	TORNILLO DE EXTRUSIÓN
	DADO DE EXTRUSIÓN
	MOLDE DE EXTRUSIÓN
	HERRAMIENTA DE CONTRAPRESIÓN
ELÉCTRICO	TABLERO ELÉCTRICO
	VARIADOR DE FRECUENCIA SCHNEIDER
	RELAY DE ESTADO SÓLIDO #16
	BREAKER 10A
	POTENCIOMETRO
	CABLE ELÉCTRICO
	RESISTENCIA ELÉCTRICA
	CONTROL DE TEMPERATURA

Sistema mecánico

Motor WEG 3HP

Almacenamiento

Los siguientes lineamientos deben seguirse para un correcto almacenamiento del motor eléctrico:

- La temperatura ambiente del lugar de almacenamiento debe ser mayor a 5°C y menor a 40°C
- No almacenar en un lugar expuesto a la intemperie o con condiciones de humedad excesivas
- Se debe girar el eje del motor por lo menos una vez al mes para hacer circular el aceite. El giro del eje es manual, se deben dar por lo menos 5 vueltas y procurar que se deje en la posición original.
- Si el motor se almacenará o ha sido almacenado por más de dos años, se deben sustituir los rodamientos de este.

Instalación

El proceso de instalación y acople del motor debe ser realizado por un técnico con conocimientos del mantenimiento de maquinaria industrial.

Alineación

El proceso de alineación debe ser realizado por un técnico con conocimientos del mantenimiento de maquinaria industrial.

Operación

Antes de comenzar con la operación del motor:

- Asegúrese que la integridad de la cubierta del motor está en estado óptimo. Esto es, una superficie limpia y seca, elementos de contacto libres de oxidación y entradas de cable correctamente protegidas.
- Asegúrese que las entradas y salidas de aire están completamente libres. La distancia mínima permisible entre el motor y la pared más próxima debe ser de 35 centímetros.

- El motor no debe operar a una altitud mayor a 1000 metros sobre el nivel del mar.
- La temperatura ambiente del área en la que se encuentra el motor debe estar entre -20°C y +40°C

Tareas específicas

Verificar conexión eléctrica

La verificación de las conexiones eléctricas del motor debe ser realizada por un electricista.

Cambio de fusibles

El cambio de fusibles debe ser realizado por un electricista.

Alineación

El proceso de alineación debe ser realizado por un técnico con conocimientos del mantenimiento de maquinaria industrial.

Verificación de rodamiento

La verificación de los rodamientos debe realizarse por un técnico con conocimientos del mantenimiento de maquinaria industrial. Esto es debido a que, para hacerse, es necesario desarmar el motor.

Verificación del acople mecánico

Verifique que todos los tornillos del motor estén acoplados con la caja reductora.

Apriete de tornillos

Utilice la llave inglesa para verificar que los tornillos estén debidamente apretados. Gire únicamente en dirección a favor de las agujas del reloj.

Si los tornillos se encuentran apretados, no los vuelva a apretar.

Verificación del soporte

Únicamente utilice el soporte provisto con la máquina extrusora.

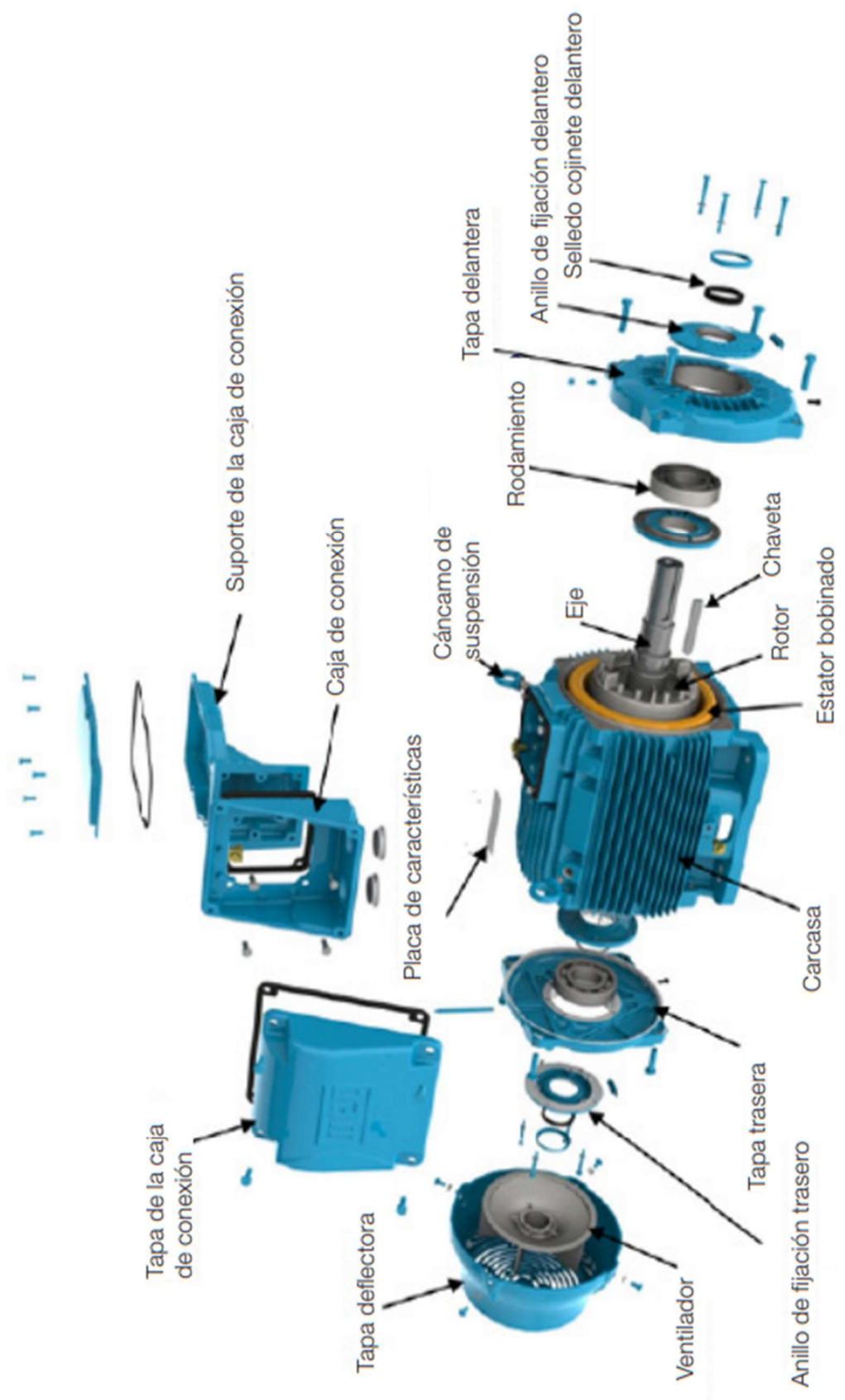
Si no es posible, se debe asegurar que el soporte sea capaz de resistir un peso de 300 libras. Esto se puede hacer al colocar el peso de 3 personas sobre el soporte. Si no hay problemas en la integridad del soporte, lo puede utilizar.

Limpieza de entradas de aire

Para la limpieza de las entradas de aire, utilice aire comprimido. En caso de no contar con este, utilice un trapo seco.

Solución de problemas

Falla	Causa	Acción
El motor no arranca, ni acoplado ni desacoplado	Interrupción de la conexión eléctrica	Verifique la conexión eléctrica
	Fusibles quemados	Cambio de fusibles
	Mala conexión eléctrica	Verifique la conexión eléctrica
	Rodamiento atascado	Verificar rodamiento
El motor acoplado no arranca	Caída de tensión en la corriente eléctrica	Verifique la conexión eléctrica
Ruido excesivo	Fallo en el acople con la caja reductora	Verifique el acople mecánico
	Desalineación	Realice el proceso de alineación
	Tornillos sueltos	Apriete los tornillos
	Resonancia de la mesa de soporte	Verifique el soporte
	Rodamiento desgastado o dañado	Verificar rodamiento
Calentamiento excesivo en el motor	Refrigeración insuficiente	Limpie las entradas de aire
	Sobrecarga	Verifique la conexión eléctrica
	Fusibles quemados	Cambio de fusibles
	Subida de tensión en la corriente eléctrica	Verifique la conexión eléctrica
	Caída de tensión en la corriente eléctrica	Verifique la conexión eléctrica
	Interrupción de la conexión eléctrica	Verifique la conexión eléctrica



Caja reductora Bonfiglioli C412

Almacenamiento

Los siguientes lineamientos deben seguirse para un correcto almacenamiento de la caja reductora:

- No almacenar en un lugar expuesto a la intemperie o con condiciones de humedad excesivas
- No almacenar en un lugar expuesto a excesivas variaciones de temperatura. Esto puede causar condensación en los componentes internos.
- No dejar directamente en el suelo. Las condiciones de humedad del suelo pueden tener un efecto sobre la caja reductora.

Instalación

Antes de instalar la caja reductora:

- Asegúrese que la estructura sobre la que se coloca la caja reductora sea lo suficiente robusta para soportar su peso y las fuerzas resultantes de su funcionamiento.
- Revise que el motor al que acoplará la caja reductora se encuentre apagado o desconectado para evitar un movimiento accidental.
- Evite el contacto directo y prolongado con la luz del sol.
- Asegúrese que la caja reductora tiene suficiente espacio para ventilación. Esto es, no se encuentra encerrada cubierta por algún objeto.

Operación

Antes de comenzar con la operación de la caja reductora:

- Asegúrese que el área de operación de la máquina no es atmosfera potencialmente explosiva. Entiéndase, cercano a depósitos de combustible, gases o polvo.
- Limpie la superficie de la caja reductora de cualquier polvo que encuentre.
- La integridad de la caja reductora se mantiene.

Durante la operación de la caja reductora:

- Asegúrese que la caja reductora tiene suficiente espacio para ventilación.
- Asegúrese que la caja reductora no gana calor de alguna fuente externa como algún motor u otro equipo cercano.
- La temperatura del ambiente no excede los 40°C.

Lubricación

Según información del fabricante, la caja reductora no requiere de cambio de lubricante. Está provista con un lubricante sintético “de por vida”.

Información general de mantenimiento

Antes de realizar cualquier tarea de mantenimiento en la caja reductora:

- Asegúrese de desconectar el motor eléctrico que da potencia a la caja reductora. Si no realiza esto, hay alto riesgos tanto para la máquina como para el usuario.

En caso de ser requerido un cambio de componente, comuníquese con un técnico con conocimientos del mantenimiento de maquinaria industrial.

Tareas específicas

Limpieza

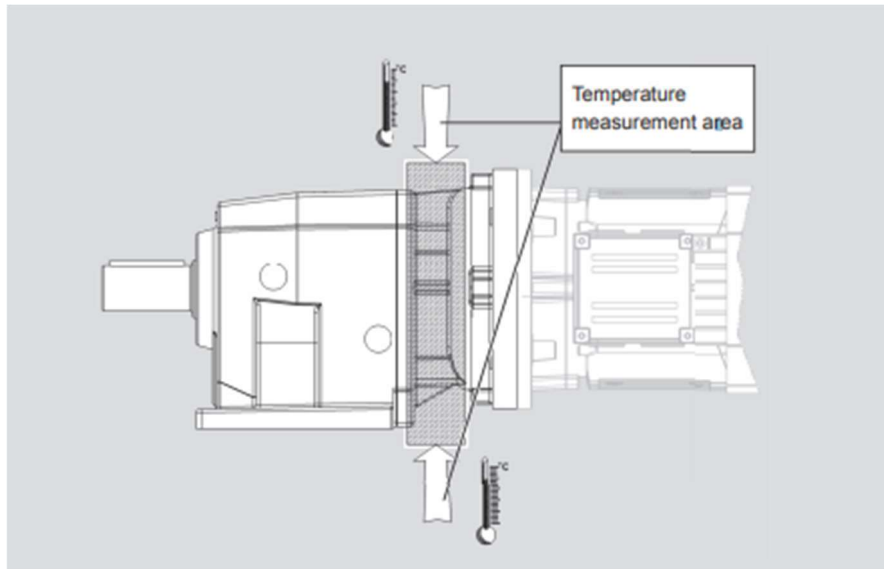
- Remover el polvo de la superficie de la caja reductora. No utilizar lavado a presión con agua para esto. Utilice aire comprimido o un trapo seco.

Verificar temperatura

La temperatura máxima de operación de la caja reductora no debe exceder más de 75°C con respecto a la temperatura ambiente. Por ejemplo, si la temperatura ambiente es de 25°C, la temperatura máxima de operación tendría que ser de 100°C.

La temperatura de operación máxima se alcanza después de 3 horas de operación continua.

Para medir la temperatura, se debe utilizar el termómetro infrarrojo digital que pertenece a las herramientas de la extrusora. Se debe apuntar directamente al acople entre la caja reductora y el motor WEG. Esto se ilustra en la siguiente figura:



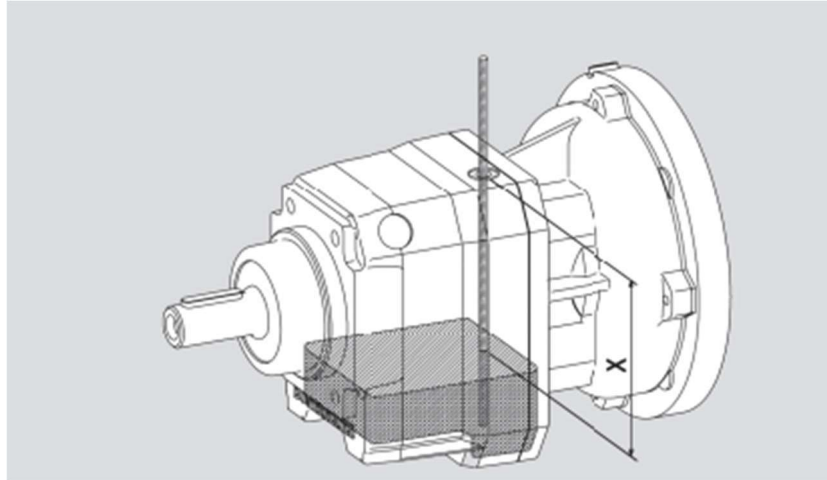
Revisar lubricante

El proceso para revisar el lubricante de la máquina debe ser realizado únicamente por un técnico especializado. Por la característica del equipo, se muestran los lineamientos generales a seguir como referencia:

1. Retire el perno que se encuentra sobre la superficie de la caja reductora.
2. Inserte una varilla completamente.
3. Realice una marca en la varilla al topar con el fondo de la caja reductora.
4. Retire la varilla.
5. Realice una marca en la varilla en el punto en el que se observa la presencia de lubricante.
6. Mida la distancia entre ambas marcas.

Si la distancia medida es menor a 9.5 centímetros, el nivel de lubricante es el adecuado.

Si la distancia medida es mayor a 9.5 centímetros, es necesario realizar un cambio de lubricante.



Cambiar lubricante

Desarmar la caja reductora para cambiar lubricante es una actividad que debe realizarse únicamente por un técnico especializado.

Esta caja reductora no requiere de cambio de lubricante. En caso de requerir un cambio de lubricante por ser demasiado viejo, comuníquese directamente con el fabricante. El lubricante utilizado es el "Shell OMALA S4 WE 320", el cual tiene características especiales que lo certifican como "de por vida".

Cambiar componente

Desarmar la caja reductora para cambiar cualquier elemento interno es una actividad que debe realizarse únicamente por un técnico con conocimientos del mantenimiento de maquinaria industrial.

Notas:

- En caso de requerirse el cambio de un elemento en la caja reductora, se debe reemplazar únicamente con piezas originales.
- No se deben realizar modificaciones a la caja reductora.
- Los componentes deben ser reemplazados, nunca reparados.
- Al cambiar un elemento, se deben cambiar los sellos mecánicos y o-ring de la caja.

Revisar acople mecánico

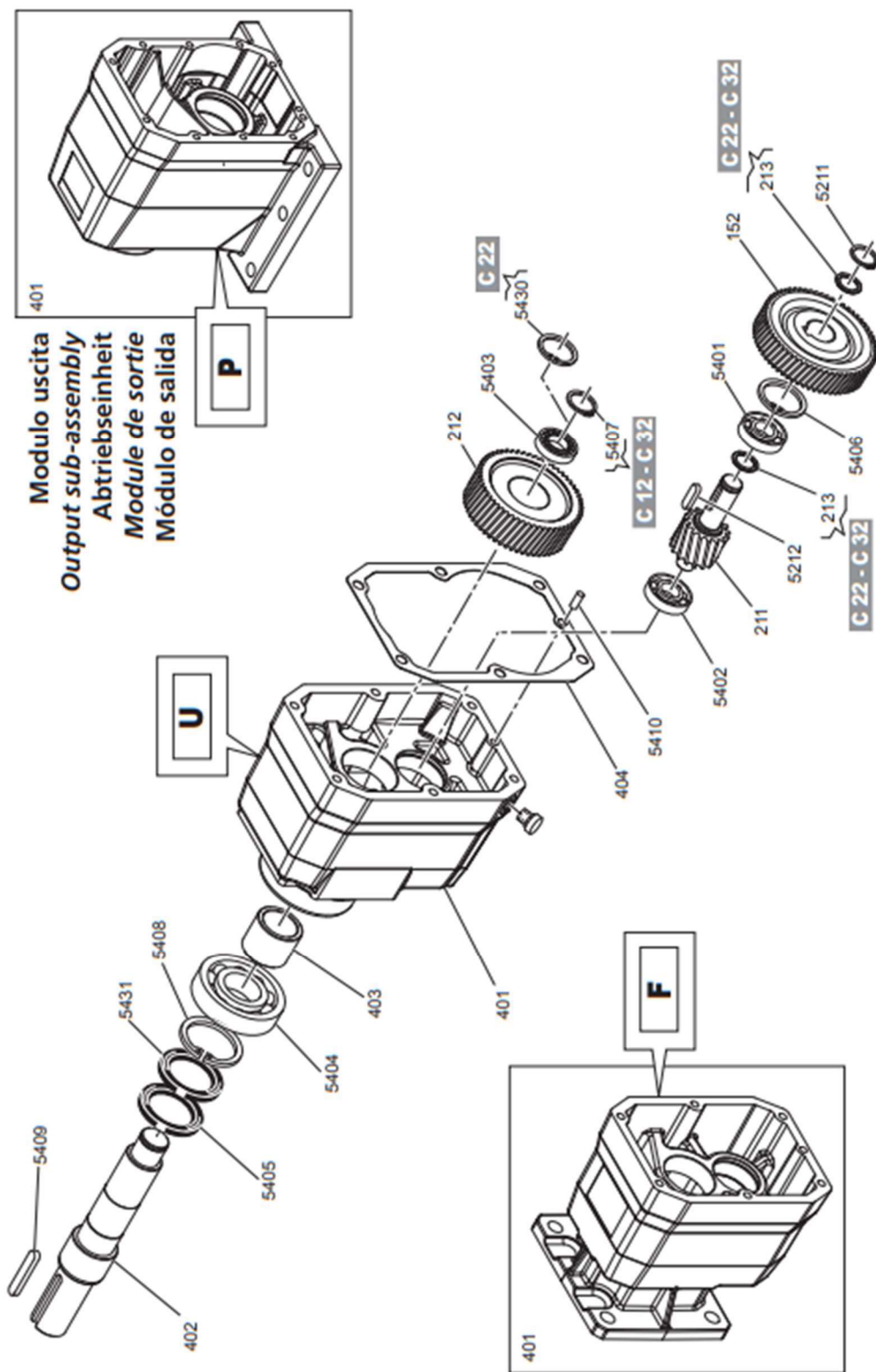
- Revise que no haya ruidos inusuales o vibraciones en el acople entre la caja reductora y el motor.
- Revise que todos los pernos estén debidamente apretados.

Solución de problemas

Falla	Causa	Acción
Temperatura de operación demasiado elevada	Nivel de lubricante demasiado alto	Revisar lubricante
	Lubricante demasiado viejo	Cambiar lubricante
	Lubricante contaminado	Revisar lubricante
Ruido anormal excesivo	Engranajes dañados	Cambiar componente
	Rodamientos desgastados o dañados	Cambiar componente
	Lubricante contaminado	Cambiar lubricante
Fugas de lubricante	Nivel de lubricante demasiado alto	Revisar lubricante
	Empaques inadecuados	Cambiar componente
	Sellos gastados	Cambiar componente
No hay movimiento	Viscosidad del lubricante demasiado alta	Cambiar lubricante
	Nivel de lubricante demasiado alto	Revisar lubricante
	Engranajes dañados	Cambiar componente
Movimiento con dificultad	Viscosidad del lubricante demasiado alta	Cambiar lubricante
	Nivel de lubricante demasiado alto	Revisar lubricante
	Carga excesiva aplicada	Revisar acople mecánico
No hay movimiento aún con el motor encendido	Engranajes dañados	Cambiar componente

C 12 C 22 C 32

P F U



Modulo uscita
 Output sub-assembly
 Abtriebseinheit
 Module de sortie
 Módulo de salida

Componentes

Código	Elemento
152	Corona
211	Piñón
212	Corona
213	Separador
401	Cubierta
402	Eje
403	Separador
404	Junta

Piezas de repuesto

Código	Elemento	Descripción
5401	Rodamiento	6302
5402	Rodamiento	6301
5403	Rodamiento	NJ202E
5404	Rodamiento	6206
5410	Pin	DIAMETRO 5 X 16
5412	Cuñero	5 x 5 X 17 C
5409	Cuñero	8 x 7 X 40 A
5211	Cuñero	15
5406	Sello mecánico	42
5408	Sello mecánico	62
5405	O-ring	35 x 62 X 7 DL
5431	O-ring	35 x 65 X 7 L

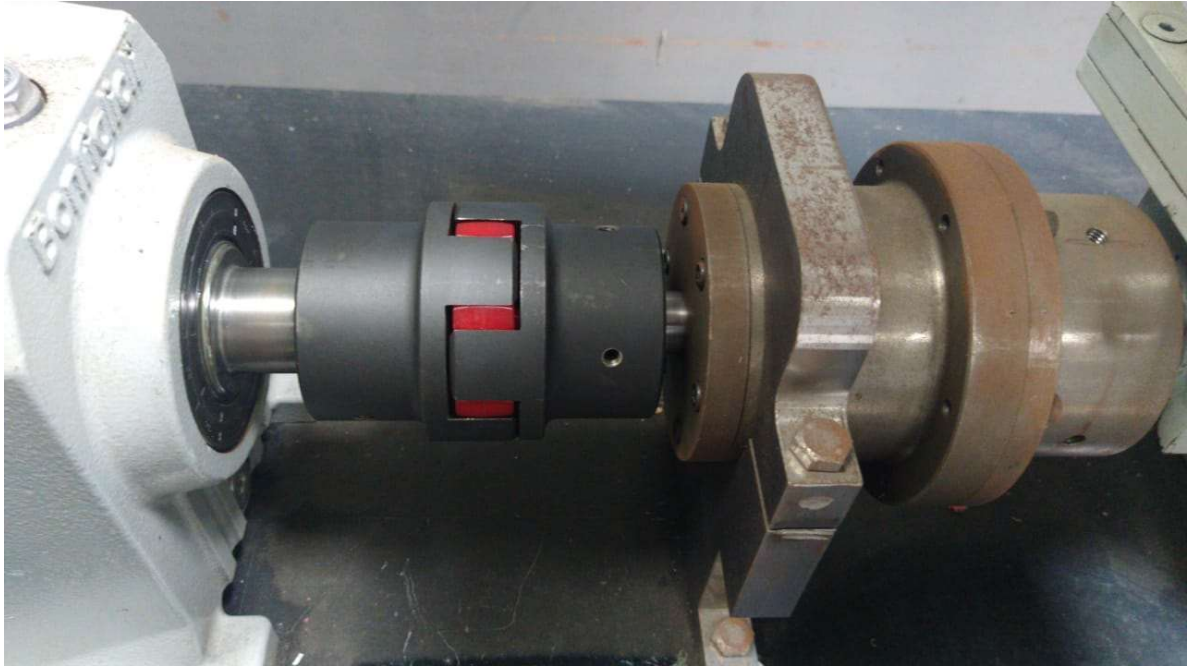
Acople mecánico

Características generales

Debe asegurarse que la guarda esté bien puesta para evitar riesgo hacia los operadores. **Si la guarda no está colocada, no opere la máquina.**



Asegúrese que el acople esté ensamblado y que los tornillos tipo Allen están apretados.



Para verificarlo, utilice la llave Allen de 3/16" que se encuentra en el kit de herramientas de la máquina. Apriete siempre en dirección a favor de las manecillas del reloj.

Si los tornillos se encuentran apretados, no los vuelva a apretar.

Tolva de alimentación

Características generales

La tolva de alimentación no requiere de mantenimiento alguno. Únicamente se debe verificar su integridad. Esto se refiere a la inexistencia de agujeros en su estructura. En conjunto con esto, se debe asegurar el movimiento de esta dentro del riel de movimiento.

En caso de que la integridad de la tolva se vea dañada, será necesario reemplazar. Para esto, se debe acudir con un herrero.

Material: ASTM 36 (Lámina negra) de 1/16 de espesor

Los planos para la elaboración del reemplazo de la tolva se pueden encontrar en el anexo de este manual.

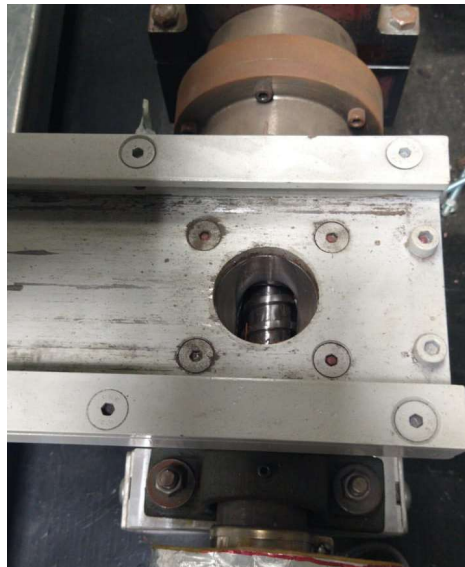
Tornillo de extrusión

Características generales

El tornillo de extrusión es uno de los componentes mecánicos de mayor cuidado en la máquina. Este fue diseñado a medida para la extrusora de plástico reciclado y no debe cambiarse ni modificarse. Únicamente debe verificarse su integridad si se tienen indicios de que pudo haber sido dañado.

Para verificar su integridad deberá observar ciertos lineamientos y también realizar una prueba de movimiento en vacío. Para realizar la prueba debe seguir los siguientes pasos:

1. Retire la tolva de alimentación de la extrusora. No se agregará materia prima para realizar esta prueba. Deberá estar atento al movimiento del tornillo de extrusión. Observe la imagen



2. Colocar los *switch* de los dos controles de temperatura en ON
3. Colocar la temperatura de ambos controles en 200°C. Esperar a que los controladores indiquen que las resistencias alcanzaron esa temperatura
4. Verificar que el potenciómetro del variador de frecuencia se encuentre en posición de velocidad cero. Esto es, topando en dirección contraria a las manecillas del reloj
5. Colocar el *switch* del control del motor en ON
6. Varíe el potenciómetro de manera que pueda ver un movimiento leve del tornillo de extrusión.

- a. Si observa que hay movimiento por parte del tornillo, **aumente** gradualmente la velocidad (cada minuto) de este hasta llegar al máximo. Manténgase a máxima velocidad durante un minuto. La prueba se considera exitosa.
 - b. Si observa que no hay movimiento por parte del tornillo, **pare**. La prueba se considera fallida.
7. Para finalizar la prueba, presione el paro de emergencia
 8. Regrese todos los *switch* a su posición original en OFF

Si la prueba resulta fallida, la integridad del tornillo puede verse comprometida.

Limpieza

Para llevar a cabo la limpieza del tornillo de extrusión, siga las mismas indicaciones que la prueba en vacío.

Dado de extrusión

Características generales

El dado de extrusión no requiere de mantenimiento alguno. Únicamente se debe verificar su integridad y mantener su limpieza. Esto se refiere a la inexistencia de agujeros o daños en su estructura. Un dado de extrusión se considera limpio si no presenta restos de materiales de extrusión anteriores. Observe la imagen:



Limpieza

Para llevar a cabo la limpieza del dado de extrusión, siga las siguientes indicaciones:

1. Colocar los *switch* de los dos controles de temperatura en ON
2. Colocar la temperatura de ambos controles en 0°C. Esperar a que los controladores indiquen que las resistencias alcanzaron esa temperatura
3. Colóquese guantes de cuero para trabajar en la limpieza del dado
4. Tenga a la mano una cubeta de plástico para desechar los restos de extrusión
5. Utilice una cuchilla para retirar los restos de extrusión del dado. **Cuidado, el material extruido es altamente peligroso si entra en contacto con alguna superficie.**
6. Al retirar todos los desechos de extrusión, presione el paro de emergencia
7. Regrese todos los *switch* a su posición original en OFF

Molde de extrusión

Características generales

Un molde de extrusión no requiere de mantenimiento alguno. Únicamente se debe verificar su integridad. Esto se refiere a la inexistencia de agujeros en su estructura.

En caso de que la integridad de algún molde se vea dañada, será necesario reemplazar. Para esto, se debe acudir con un herrero.

Herramienta de contrapresión

Características generales

La herramienta de contrapresión no requiere de mantenimiento alguno. Únicamente se debe verificar su integridad. Esto se refiere a la inexistencia de agujeros en su estructura.

En caso de que la integridad de la herramienta se vea dañada, será necesario reemplazar. Para esto, se debe acudir con un herrero llevando como muestra la herramienta misma.

Sistema eléctrico

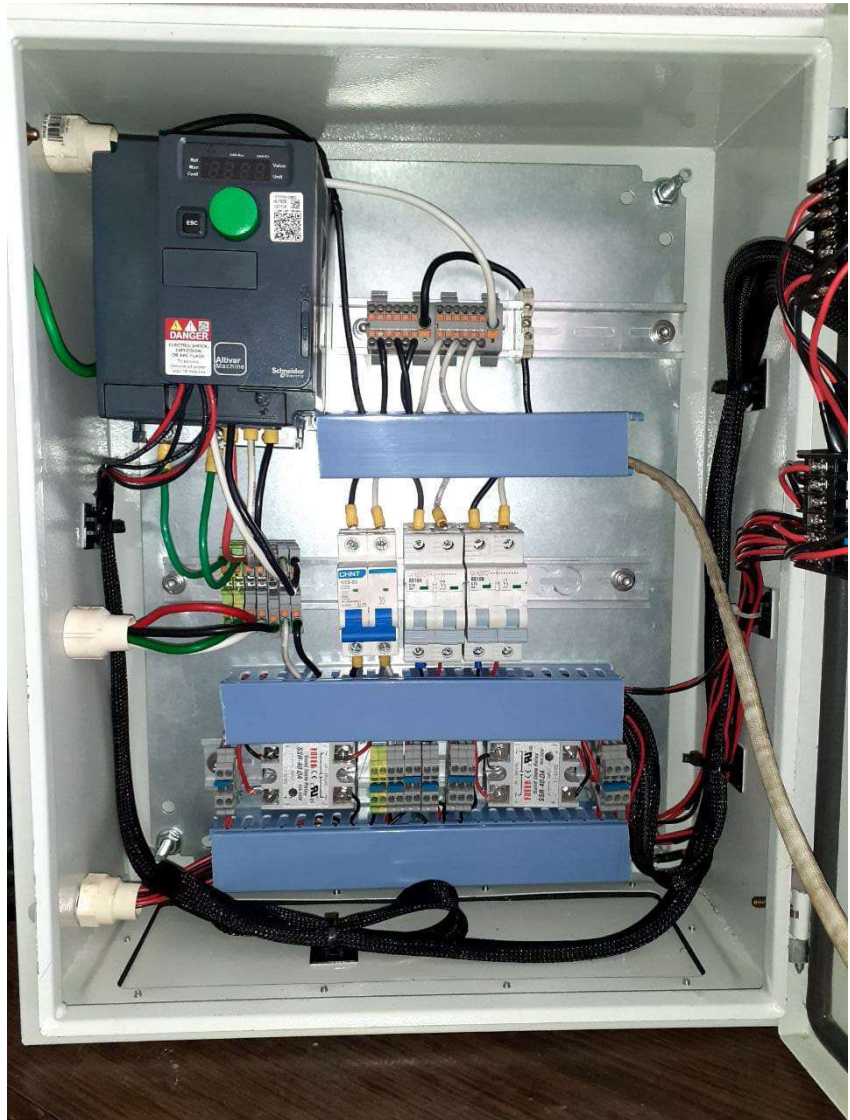
Tablero eléctrico

Características generales

Verifique siempre la integridad del tablero eléctrico. Para esto, valide que:

- El tablero no presente daños en su estructura como golpes o agujeros
- El tablero no tiene manchas de fuego o indicios de haber sufrido un sobrecalentamiento
- El tablero no se encuentra húmedo por fuera o por dentro
- El tablero cierra correcta y completamente





Variador de frecuencia

Características generales

No tenga contacto con los componentes o terminales del componente a menos que la máquina esté desconectada

El variador de frecuencia es un componente que no debe ser reparado, únicamente reemplazado en caso de que su integridad se vea comprometida.

Para verificar la integridad del variador de frecuencia debe observar indicaciones de daño externo:

- Cubierta o piezas carbonizadas o dañadas.
- Daños a la pantalla; ralladuras, perforaciones, quemaduras, humedad o manchas de quemado
- Presencia de líquidos en la parte inferior del componente
- Daño por fuego en los elementos conductores
- Ruido u olores extraños provenientes del componente

En caso de que observe una inconsistencia en alguno de los puntos anteriores, reemplace el componente por uno nuevo.

En caso de ser requerido el cambio del componente, comuníquese con un técnico o electricista con conocimientos del mantenimiento de maquinaria industrial.

Relé solido

Características generales

El relé es un componente que no debe ser reparado, únicamente reemplazado en caso de que su integridad se vea comprometida.

Para verificar la integridad del relé debe observar daños en los elementos conductores y en el relé como tal observando lo siguiente:

- Daños por fuego en los elementos conductores del relé
- Daño por fuego en el relé
- Decoloración de los cables que van al relé
- Verificación mecánica del accionamiento del relé

En caso de que observe una inconsistencia en alguno de los puntos anteriores, reemplace el componente por uno nuevo.

El componente debe ser reemplazado únicamente por un electricista.

Breaker de 10 amperios

Características generales

El breaker es un componente que no debe ser reparado, únicamente reemplazado en caso de que su integridad se vea comprometida.

Para verificar su integridad se debe observar lo siguiente:

- Verifique que no haya daño visible por fuego o sobrecalentamiento
- Verifique que los cables que van hacia este se encuentren en buen estado; sin decoloración o visibilidad de daños por sobrecalentamiento o fuego.
- Accione el componente mecánicamente, vea que sea posible hacerlo sin ningún problema.

En caso de que observe una inconsistencia en alguno de los puntos anteriores, reemplace el componente por uno nuevo.

El componente debe ser reemplazado únicamente por un electricista.

Resistencia eléctrica

Características generales

Una resistencia eléctrica es un componente que no debe ser reparado, únicamente reemplazado en caso de que su integridad se vea comprometida.

Para verificar su integridad se debe observar lo siguiente:

- Verifique que no haya daño visible por fuego o sobrecalentamiento
- Verifique que los cables que van hacia este se encuentren en buen estado; sin decoloración o visibilidad de daños por sobrecalentamiento o fuego.

En caso de que observe una inconsistencia en alguno de los puntos anteriores, reemplace el componente por uno nuevo.

El componente debe ser reemplazado únicamente por un electricista.

Control de temperatura

Características generales

El control de temperatura es un componente que no debe ser reparado, únicamente reemplazado en caso de que su integridad se vea comprometida.

Para verificar la integridad de los controles de temperatura debe observar indicaciones de daño externo:

- Cubierta o piezas carbonizadas o dañadas.
- Daños a la pantalla; ralladuras, perforaciones, quemaduras, humedad o manchas de quemado
- Daño por fuego en los elementos conductores
- Ruido u olores extraños provenientes del componente

En caso de que observe una inconsistencia en alguno de los puntos anteriores, reemplace el componente por uno nuevo.

En caso de ser requerido el cambio del componente, comuníquese con un técnico o electricista con conocimientos del mantenimiento de maquinaria industrial.

Aspectos generales

Herramientas

Para llevar a cabo las tareas de mantenimiento, necesitará las siguientes herramientas:

CANTIDAD	HERRAMIENTA
1	LLAVE DE COLA Y CORONA #12
1	LLAVE DE COLA Y CORONA #14
1	LLAVE INGLESA
1	LLAVE ALLEN 3/16"
1	DESATORNILLADOR PHILLIPS
1	DESATORNILLADOR DE CASTIGADERA
1	MULTIMETRO DIGITAL SEMIPROFESIONAL CON GANCHO
1	TERMOMETRO INFRARROJO DIGITAL

