



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado
Maestría en Artes de Ingeniería de Mantenimiento

**GESTIÓN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN BASE A LA
MATRIZ DE CLASE MUNDIAL PARA EQUIPO DE IMPRESIÓN DIGITAL
FULL COLOR DE GRAN FORMATO MARCA CHALLENGER FY 3208H, EN
LA EMPRESA PINTORES MAESTROS LA MAGIA DEL COLOR**

Ing. Carlos Snell Chicol Morales

Asesorado por el MA Ing. Carlos Enrique Chicol Cabrera

Guatemala, julio de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**GESTIÓN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN BASE A LA
MATRIZ DE CLASE MUNDIAL PARA EQUIPO DE IMPRESIÓN DIGITAL
FULL COLOR DE GRAN FORMATO MARCA CHALLENGER FY 3208H, EN
LA EMPRESA PINTORES MAESTROS LA MAGIA DEL COLOR**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADOS

POR

CARLOS SNELL CHICOL MORALES

ASESORADO POR EL MA ING. CARLOS ENRIQUE CHICOL CABRERA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

MAESTRO EN ARTES DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

GUATEMALA, JULIO DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIA	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	M. Sc. Edgar Darío Álvarez Cotí
EXAMINADOR	M. Sc. Sandra Ninett Ramírez Flores
EXAMINADOR	M. Sc. Hugo Humberto Rivera Pérez
SECRETARIO	M. Sc. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**GESTIÓN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN BASE A LA
MATRIZ DE CLASE MUNDIAL PARA EQUIPO DE IMPRESIÓN DIGITAL
FULL COLOR DE GRAN FORMATO MARCA CHALLENGER FY 3208H, EN
LA EMPRESA PINTORES MAESTROS LA MAGIA DEL COLOR**

Tema aprobado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha noviembre 2017.


Ing. Carlos Snell Chicol Morales

EEPFI-491-2019

En mi calidad como Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, al Trabajo de Graduación de la Maestría en Artes en Ingeniería de Mantenimiento titulado: **“GESTIÓN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN BASE A LA MATRIZ DE CLASE MUNDIAL PARA EQUIPO DE IMPRESIÓN DIGITAL FULL COLOR DE GRAN FORMATO MARCA CHALLENGER FY 3208H, EN LA EMPRESA PINTORES MAESTROS LA MAGIA DEL COLOR”** presentado por el Ingeniero Mecánico Carlos Snell Chicol Morales quien se identifica con Carné 200217737, procedo a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

“Id y Enseñad a Todos”


Inga **Aurelia Anabela Córdova Estrada**
Decana
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala



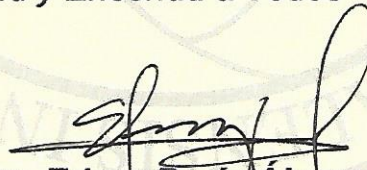
Guatemala, julio de 2019

EEPM-492-2019

En mi calidad de Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen y verificar la aprobación del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística al Trabajo de Graduación titulado: **“GESTIÓN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN BASE A LA MATRIZ DE CLASE MUNDIAL PARA EQUIPO DE IMPRESIÓN DIGITAL FULL COLOR DE GRAN FORMATO MARCA CHALLENGER FY 3208H, EN LA EMPRESA PINTORES MAESTROS LA MAGIA DEL COLOR”** presentado por el Ingeniero Mecánico **Carlos Snell Chicol Morales** quien se identifica con Carné **200217737**, correspondiente al programa de Maestría en Artes en Ingeniería de Mantenimiento; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”



Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Coti
Director

Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

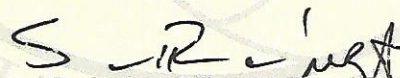


Guatemala, julio de 2019

Como Coordinador de la Maestría en Artes en Ingeniería de Mantenimiento doy el aval correspondiente para la aprobación del Trabajo de Graduación titulado: **“GESTIÓN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN BASE A LA MATRIZ DE CLASE MUNDIAL PARA EQUIPO DE IMPRESIÓN DIGITAL FULL COLOR DE GRAN FORMATO MARCA CHALLENGER FY 3208H, EN LA EMPRESA PINTORES MAESTROS LA MAGIA DEL COLOR”** presentado por el Ingeniero Mecánico **Carlos Snell Chicol Morales** quien se identifica con Carné **200217737**.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”



Mtra. Inga. Sandra Ninett Ramirez Flores
Coordinadora de Maestría
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala



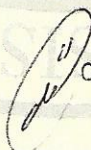
Guatemala, julio de 2019

EEPM-493-2019

En mi calidad como Asesor del Ingeniero Mecánico **Carlos Snell Chicol Morales** quien se identifica con Carné **200217737** procedo a dar el aval correspondiente para la aprobación del Trabajo de Graduación titulado: **“GESTIÓN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN BASE A LA MATRIZ DE CLASE MUNDIAL PARA EQUIPO DE IMPRESIÓN DIGITAL FULL COLOR DE GRAN FORMATO MARCA CHALLENGER FY 3208H, EN LA EMPRESA PINTORES MAESTROS LA MAGIA DEL COLOR”** quien se encuentra en el programa de Maestría en Artes en Ingeniería de Mantenimiento en la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”



Carlos Enrique Chicol Cabrera
Ingeniero Mecánico
Col. 6965

Mtro. Ing. Carlos Enrique Chicol Cabrera
Asesor

Guatemala, julio de 2019

ACTO QUE DEDICO A

- Dios** Por brindarme sabiduría, inteligencia y fuerza para alcanzar esta meta.
- Mis padres** Carlos Chicol y Reina Morales de Chicol. Por darme la vida y enseñarme a luchar hasta el final. Este triunfo también es de ustedes.
- Mi esposa** Glenda Sánchez de Chicol. Por todos los momentos de desvelo, por tu ayuda, paciencia, gran amor y apoyo, porque ha sido un esfuerzo mutuo. Te amo mi mujer virtuosa.
- Mis hijos** Valerie Dominique y Carlos Snell Chicol. Por ser el tesoro más grande que Dios me pudo regalar, mi inspiración para seguir adelante; porque sé que ustedes siguen mis pasos.
- Mi hermano** Brian Chicol. Por la unión y apoyo que me ha brindado hasta el día de hoy.
- Mis bisabuelos** Juan Francisco Donis (E.P.D.), Inés Fernández de Donis, German Cabrera (E.P.D.), Rosa Arévalo de Cabrera (E.P.D.), quienes con sus bendiciones han marcado mi vida.

Mis abuelos

Mauricio Morales (e.p.d.), Vidalina Donis, Justo Nery Chicol, Natalia Cabrera de Chicol, quienes con su amor y consentimiento me han apoyado a lo largo de mi vida y me bendijeron con unos excelentes padres.

Mi sobrina

Nataly Rosmery Chicol Morales, por ser tan especial y cariñosa.

AGRADECIMIENTOS A

Guatemala	Por enseñarme el valor de nacer y vivir en un país tan hermoso.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por brindarme la oportunidad de estudiar y formar parte de esta casa de estudios superiores.
Facultad de Ingeniería	Por aceptarme como miembro de esta gran Facultad.
Mi asesor	MA Ing. Carlos Enrique Chicol Cabrera. Por su apoyo y experiencia para la realización de mi trabajo de graduación.
Pintores maestros La Magia del Color	Por permitirme realizar mi trabajo de graduación en sus instalaciones.
Excelentísimo Rector de la Universidad de San Carlos de Guatemala	MSc. Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos, por sus consejos para la finalización de mis estudios de postgrado.

**Personal administrativo
y docente de la Facultad
de Ingeniería**

Inga. Anabella Córdova, Ing. Hugo Rivera, Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez, Ing. Ismael Véliz, Ing. Roberto Guzmán, Ing. Byron Palacios, Ing. Víctor Ruiz, Ing. Otto Andrino, Inga. Sandra Ninett Ramírez, Ing. Aura Marina Rodríguez. Por su paciencia, dedicación y todos sus consejos.

Mis suegros

Mario René Sánchez Paz y Melva Adaliz Cruz de Sánchez. Por su apoyo y consejos durante mi carrera.

Mis amigos

En especial a: Ing. Jorge Tampán, Ing. David Barrientos, Ing. Orlando Antonio Medina, Ing. Fernando Gallo, Ing. Erick Azurdia y a La Banda, la gran familia de la Facultad de Ingeniería Mecánica.

Personas especiales

Coroneles Oscar Danilo Montecinos Merlos y Antonio Cruz Merlos. Por todos sus consejos en la culminación de mi carrera.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XIII
PLANTEAMIENTO PROBLEMA Y PREGUNTAS ORIENTADORAS.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
RESUMEN DEL MARCO METODÓLOGICO	XIX
INTRODUCCIÓN.....	XXIII
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Mantenimiento.....	1
1.1.2. Tipos de mantenimiento	3
1.1.2.1. <i>Mantenimiento correctivo</i>	3
1.1.2.2. <i>Mantenimiento preventivo</i>	5
1.1.2.3. <i>Mantenimiento TPM</i>	7
1.1.3. Plan de mantenimiento	8
1.1.4. Matriz de mantenimiento de clase mundial.....	11
1.1.4.1. <i>Estrategias de mantenimiento</i>	12
1.1.4.2. <i>Administración y organización</i>	12
1.1.4.3. <i>Planificación y programación</i>	12
1.1.4.4. <i>Técnicas de mantenimiento</i>	12
1.1.4.5. <i>Tecnologías de la información</i>	13
1.1.4.6. <i>Involucramiento de los empleados</i>	13
1.2. Equipo de impresión digital <i>full color</i> Challenger 3208H.....	13
1.2.1. Descripción del equipo	13
1.2.2. Operaciones básicas del equipo.....	14

1.2.3.	Proceso de impresión digital a gran formato	18
1.2.4.	Cabezal Seiko SPT 510 35 PL	19
2.	ESTADO DEL EQUIPO CHALLENGER 3208H.....	21
2.1.	Equipo de impresión digital a gran formato	21
2.2.	Ficha técnica del equipo.....	22
2.3.	Órdenes de trabajo anteriores del equipo	23
2.4.	Fallas frecuentes.....	23
2.5.	Procedimiento de protección mecánica-eléctrica del equipo....	24
3.	PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	27
3.1.	Plan de mantenimiento sugerido	27
3.1.1.	Tarjeta de información del equipo	28
3.1.2.	Hoja de vida del equipo	31
3.2.	Orden de trabajo sugerida.....	32
3.3.	Inspección diaria sugerida.....	32
3.4.	Inspección semanal sugerida.....	32
3.5.	Elementos de protección mecánico-eléctrico	36
4.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	39
4.1.	Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para equipo de impresión digital <i>full color</i> de gran formato	39
4.2.	Rutinas básicas de mantenimiento	40
4.2.1.	Rutina básica diaria.....	40
4.2.2.	Rutina básica semanal	41
4.3.	Hoja de vida del equipo de impresión digital	41
4.4.	Orden de trabajo	42
5.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	43
	CONCLUSIONES.....	45
	RECOMENDACIONES	47
	BIBLIOGRAFÍA.....	49
	APÉNDICES.....	53

ANEXOS..... 55

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Equipo de impresión digital <i>full color</i> Challenger.....	14
2.	Operaciones básicas del equipo frontal 2	15
3.	Operaciones básicas del equipo posterior	15
4.	Control de limpieza de cabezales	16
5.	Control de alimentación y recolección de material	16
6.	Tablero de control de potencia del equipo de impresión	17
7.	Sistema de suministro de tinta del equipo de impresión digital	18
8.	Cabezal Seiko SPT 510 35 PL.....	19
9.	Test de impresión actual del equipo de impresión	24
10.	Voltajes actuales del equipo de impresión	25
11.	Tarjeta de información del equipo frontal	29
12.	Tarjeta de información del equipo trasera	30
13.	Hoja de vida del equipo propuesta.....	31
14.	Orden de trabajo sugerida.....	33
15.	Inspección diaria sugerida.....	34
16.	Inspección semanal sugerida.....	35
17.	Sistema recomendado de protección mecánico-eléctrico	37
18.	UPS recomendado para protección mecánico-eléctrico.....	37
19.	Resumen de recursos económicos	53
20.	Listado de repuestos necesarios en bodega.....	53
21.	Voltajes actuales de cabezales	55
22.	Test de impresión actual de cabezales	56

TABLAS

I.	Especificaciones del cabezal Seiko SPT 510 35 PL	20
II.	Ficha técnica del equipo.....	22
III.	Fallas frecuentes del equipo	23
IV.	MCM focalización de aspectos.....	28
V.	Rutina básica diaria.....	40
VI.	Rutina básica semanal	41

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
“C”	Color de tinta azul
“K”	Color de tinta negro
“M”	Color de tinta magenta
OT	Orden de trabajo
RD	Rutina de inspección diaria
RS	Rutina de inspección semanal
“Y”	Color de tinta amarilla
MCM	Matriz de clase mundial
UV	Protección ultravioleta

GLOSARIO

<i>Banding</i>	Líneas de color blanco que se presentan en la impresión.
Cabezal	Componente piezoeléctrico encargado de imprimir sobre el material colocado en el equipo de impresión.
<i>Canvaks</i>	Material fabricado a base de polímeros imitación tela de óleo, para equipo de impresión digital.
Electroválvula	Controla el paso de tinta dentro de la tubería de alimentación de la misma hacia el cabezal impresor.
Lona	Materia prima utilizada en la industria de impresión digital, de color blanco, en rollos de diversas medidas.
Picolitros	Término utilizado para saber el grosor del punto de impresión a cantidad menor, mayor será la nitidez de la impresión.
Purga	Procedimiento de eliminación de residuos de tinta almacenada en tuberías de suministro de tinta.

Test impresión

Término utilizado para la prueba que se realiza para saber el estado de inyección de los cabezales impresores.

Vinil

Materia prima en industria de impresión digital, tipo *sticker*, de color blanca, en rollos de diversas medidas.

RESUMEN

El propósito de la presente investigación es el diseño y gestión de un plan de mantenimiento preventivo al equipo de impresión digital *full color* de la empresa Pintores Maestros La Magia del Color. Se centrará en estudiar y analizar las fallas potenciales determinadas por medio del test de impresión que se presenten en el equipo, para poder estructurar un mantenimiento preventivo con base en la matriz de clase mundial, ser ejecutado de la mejor manera posible y obtener una disponibilidad alta del equipo.

El objetivo final de la investigación es eliminar la problemática en la entrega del producto final del proceso de impresión digital *full color* a gran formato, pues la insatisfacción del cliente es notable. El problema consiste en no aprovechar al máximo la materia prima, hecho que causa un incremento en gastos y reducción de las ganancias.

Pintores Maestros La Magia del Color, en el año 2016, carece de un plan de mantenimiento preventivo; el personal a cargo del proceso no está capacitado para aplicar el mantenimiento adecuado al equipo, se encarga solamente de la supervisión de su funcionamiento. Así, se realizará el estudio para dar una solución a dicha situación y obtener resultados positivos para la empresa.

Al estructurar un plan de mantenimiento preventivo con base en las fallas localizadas potenciales y no potenciales en el equipo, se logró una disponibilidad alta del equipo y la obtención de producto de mejor calidad. La aplicación de este mantenimiento reduce costos de mantenimiento emergente,

paros no programados, fallas al equipo, desperdicio de materia prima y la reducción de gastos en mantenimiento por personal externo.

PLANTEAMIENTO PROBLEMA Y PREGUNTAS ORIENTADORAS

El procedimiento de entrega de producto con mala calidad en impresora a gran formato marca Challenger 3208H cabezal SPT510-55PL, por parte de la empresa Pintores Maestros La Magia del Color, ubicada en la 7.ª calle 31-33, Colonia Bosques de San Nicolás, zona 4, Mixco, Guatemala, se produce debido a la falta de un plan de mantenimiento para el equipo de impresión digital *full color* a gran formato. Este equipo proporciona un producto de mala calidad para su entrega, provocando pérdidas de materia prima, taponamiento de cabezales de impresión, reclamos de los clientes y pérdidas monetarias para la empresa.

Al entregar una impresión defectuosa a causa de los taponamientos es visible el *banding* de la impresión, siendo estas las líneas blancas horizontales presentes, por lo que se observa, además, un mal seguimiento en la instalación mecánica-eléctrica del equipo, lo que provoca paros innecesarios y fallas al equipo, principalmente en los componentes del carro móvil portacabezales.

La falta de conocimiento del estado del equipo y los necesarios seguimientos de inspección, ocasionan gastos en materia prima, costos de mantenimiento y paros de producción innecesarios. Como consecuencia de los problemas suscitados se plantean las siguientes preguntas:

PREGUNTA CENTRAL

¿Cómo se puede realizar de forma más eficiente la entrega de un producto de buena calidad, en un equipo de impresión digital de gran formato?

PREGUNTAS AUXILIARES

1. ¿Qué técnicas del mantenimiento se deben aplicar diariamente para un funcionamiento eficiente del equipo?
2. ¿Qué método se debe aplicar para un mantenimiento preventivo del equipo de impresión digital *full color* a gran formato?
3. ¿Cuál procedimiento de protección mecánico-eléctrico evitaría paros inesperados en el proceso de producción?

OBJETIVOS

General

Gestionar un plan de mantenimiento preventivo basado en la matriz de clase mundial, para el funcionamiento adecuado del equipo de impresión digital *full color* a gran formato marca Challenger 3208H cabezal SEIKO SPT 50 55 PL.

Específicos

1. Establecer las técnicas de mantenimiento diarias necesarias para un funcionamiento eficiente del equipo.
2. Establecer un método para la aplicación del mantenimiento preventivo para el equipo de impresión digital *full color* a gran formato marca Challenger 3208H cabezal SEIKO SPT 50 55 PL.
3. Diseñar un procedimiento de protección mecánico-eléctrico, para evitar una baja tensión en el equipo y paros inesperados durante el proceso de producción.

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

El enfoque metodológico de la presente investigación está orientado a mejorar la calidad de producto de impresión digital de gran formato, es mixto cualitativo cuantitativo ya que se utilizan variables cuantitativas y el marco teórico y antecedentes se enfocan en lo cualitativo. Es un diseño no experimental porque no se manipulan variables en laboratorio y el tipo y alcance es descriptivo porque solo se realiza una descripción del problema a resolver.

Para ello se realiza la gestión de mantenimiento preventivo basado en la matriz de clase mundial para la aplicación de estos procedimientos. El alcance de la investigación se observa en el mejoramiento del test de impresión del equipo el cual describe el funcionamiento correcto de cada uno de los cabezales de impresión por color.

La investigación realizada describe acciones llevadas a cabo para la resolución de una falla mediante el test de impresión realizada en el equipo de impresión Challenger FY 3208H de la empresa Pintores Maestros La Magia del Color, ubicada en el municipio de Mixco. Con base en ello se permitió realizar un diagnóstico de funcionamiento del equipo.

El análisis de la falla por medio del test de impresión inicia en septiembre de 2018 y termina un mes después. Estos problemas del equipo impiden su funcionamiento de manera normal, provocando errores al momento de la impresión por lo que resulta un producto con una calidad no aceptable para el cliente. Asimismo, se dan pérdidas de materia prima y paros innecesarios del equipo para reparaciones emergentes.

El alcance es descriptivo ya que la investigación se centra en incorporar el programa de mantenimiento preventivo del equipo, utilizando las normas de mantenimiento sugeridas por el fabricante y la información obtenida por los registros de los historiales de mantenimientos correctivos emergentes realizados al equipo de impresión digital Challenger FY3208H.

Las fases de la investigación son las siguientes:

Fase 1

Investigar los conceptos de mantenimientos correctivo, preventivo y el mantenimiento TPM (mantenimiento productivo total) y mantenimiento por la matriz de clase mundial, para utilizarlos en la elaboración de la gestión del mantenimiento propuesto para el equipo en cuestión.

Fase 2

En esta parte de la investigación se analizaron los historiales de falla y mantenimientos correctivos emergentes en relación con el equipo de impresión digital *full color* de gran formato.

Así también se investigó cuáles son los problemas de impresión que manifiesta el producto terminado.

Fase 3

En esta fase se elaboró la matriz de mantenimiento de clase mundial, sus estrategias, administración, planificación y las técnicas a utilizar incorporando las sugerencias del fabricante para proporcionar un plan de mantenimiento para

el equipo. Se presentan y se discuten los resultados obtenidos y se realizan las recomendaciones necesarias futuras para el equipo, a partir de los conocimientos adquiridos en la comparación y en la recopilación de la información del equipo.

Fase 4

Se establecen técnicas de mantenimiento diarias necesarias, métodos para la aplicación de un mantenimiento preventivo, procedimiento de protección mecánico-eléctrico; para un funcionamiento eficiente del equipo.

INTRODUCCIÓN

La problemática en las empresas de impresión digital *full color* a gran formato es no contar con programas de mantenimiento para los equipos, lo que hace necesario un estudio para agilizar el proceso de ejecución del servicio, donde el tiempo de respuesta resulta vital en la mayoría de la industria.

La falta de una gestión de mantenimiento preventivo genera pérdidas a la empresa, desperdicio de materia prima por rechazo de mala calidad. En ocasiones se debe imprimir nuevamente determinado proyecto; existen varios reclamos en el área de atención al cliente por inconformidad con el producto final, y cabe la posibilidad de que opten por buscar otra empresa.

Al no dar respuesta pronta y efectiva, se genera a los clientes problemas económicos que afectan la distribución de los productos o insumos; por eso existe la tendencia generalizada en la industria en buscar un proveedor eficiente, que pueda satisfacer su urgente necesidad de tener el menor tiempo de paro en su producción.

Con el desarrollo de un plan de gestión de mantenimiento preventivo se logrará que el equipo funcione en óptimas condiciones, así como se evitarán paros innecesarios no programados. Una buena gestión de protección mecánico-eléctrico proporcionará confiabilidad para evitar paros catastróficos para el equipo.

Debido a una mala gestión de un plan de mantenimiento preventivo el procedimiento de entrega de producto en mala calidad en la impresora a gran formato, genera atrasos en producción y en consecuencia gastos externos.

El diseño de un plan de mantenimiento preventivo, según matriz de clase mundial, reducirá costos de mantenimiento, paros no programados, fallas al equipo y desperdicio de materia prima, incrementando la utilidad.

A continuación, se encuentra la descripción de los capítulos que conforman la investigación.

El capítulo I desarrolla conceptos teóricos de mantenimiento, tipos de mantenimiento, las actividades a realizar como lo son la prevención, cuantificar el aspecto económico y la calidad del producto, la matriz de mantenimiento de clase mundial y las estrategias del mantenimiento.

El capítulo II se basa en presentar los resultados obtenidos de las condiciones de equipo, se investigan las prácticas de mantenimiento preventivo para poder extender la vida útil del equipo por medio del estudio del manual del fabricante, especificaciones y bitácora de mantenimientos realizados anteriormente.

Se diseñó el plan de mantenimiento para el equipo de impresión digital *full color* de gran formato, utilizando los principios esenciales de la matriz de clase mundial, así como las recomendaciones del fabricante.

En el capítulo III se presenta la discusión de los resultados, que es el análisis interno y externo de la investigación.

En el capítulo IV se establecen las técnicas de mantenimiento diarias necesarias, métodos para la aplicación de un mantenimiento preventivo, procedimiento de protección mecánico-eléctrico para un funcionamiento eficiente del equipo.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Mantenimiento

El mantenimiento se define como la combinación de actividades mediante las cuales un equipo o un sistema se mantiene en, o se restablece a, un estado en el que puede realizar las funciones designadas. Es un factor importante en la calidad de los productos y puede utilizarse como una estrategia para una competencia exitosa (Duffua, Raouf & Dixon, 2000).

La función del mantenimiento es uno de los elementos impactantes para las empresas productoras en los resultados de sus productos, debido a la gestión directa que tiene sobre los tiempos muertos de producción, la entrega oportuna y con calidad a los clientes y los costos asociados a los trabajos e inventarios de repuestos.

El mantenimiento industrial está definido como el conjunto de actividades encaminadas a garantizar el correcto funcionamiento de las máquinas e instalaciones que conforman un proceso de producción permitiendo que este alcance su máximo rendimiento (Olarte, Botero & Cañon, 2010).

El mantenimiento se entiende como una función empresarial a la cual está encomendado el control del estado de las instalaciones productivas, auxiliares y de servicios. En este sentido, el mantenimiento es el conjunto de acciones necesarias para conservar o restablecer un sistema a un estado que garantice el funcionamiento a un costo menor (Gómez, 2004).

El objetivo fundamental del mantenimiento es reparar urgentemente las averías que surjan. El departamento de mantenimiento de una industria tiene cuatro objetivos que deben marcar y dirigir su trabajo. Estos son: cumplir un valor determinado de disponibilidad, cumplir un valor determinado de fiabilidad, asegurar una larga vida útil de la instalación en su conjunto, al menos acorde con el plazo de amortización de la planta, conseguir todo ello ajustándose a un presupuesto dado. Usualmente es el presupuesto óptimo de mantenimiento para esa instalación (García, 2012).

Así, pues, el mantenimiento es el conjunto de acciones necesarias para conservar o restablecer un sistema en un estado que permita garantizar su funcionamiento a un coste mínimo (Rueda, 1998).

Conforme Rueda (1998) de lo anterior se deduce distintas actividades:

- Prevenir o corregir averías
- Cuantificar o evaluar el estado de las instalaciones
- Aspecto económico
- Calidad de productos.

El mantenimiento empieza en el proyecto de la máquina. En efecto, para llevar a cabo el mantenimiento de manera adecuada es imprescindible actuar de acuerdo con las especificaciones técnicas (normas, tolerancias, planos y demás documentación técnica a aportar por el suministrador) y seguir con su recepción, instalación y puesta en marcha (Gamarra, 2004).

Según Gamarra (2004) son misiones del mantenimiento:

- La vigilancia permanente o periódica

- Las acciones preventivas
- Las acciones correctivas (reparaciones)
- El reemplazamiento de maquinaria.

Gamarra (2004) describe los principales objetivos del mantenimiento; estos, manejados por criterios económicos para tener un ahorro en los costos generales, son:

- Aumentar la disponibilidad de los equipos hasta el nivel preciso.
- Reducir los costos al mínimo compatible con el nivel de disponibilidad necesario.
- Mejorar la fiabilidad de máquinas e instalaciones.
- Asistencia al departamento de ingeniería en los nuevos proyectos para facilitar la mantenibilidad de las nuevas instalaciones.

1.1.2. Tipos de mantenimiento

En las operaciones de mantenimiento pueden diferenciarse las siguientes definiciones.

1.1.2.1. Mantenimiento correctivo

Como es sabido, el mantenimiento se dedica a asegurar una instalación, equipo, máquina u otro activo fijo para que continúen realizando sus funciones principales. Según Duffua (2000) el mantenimiento correctivo solo se realiza cuando el equipo es incapaz de seguir operando. No hay elemento de planeación para el mantenimiento correctivo.

Se presenta cuando el costo adicional de otros tipos de mantenimiento no puede justificarse. A veces se conoce como estrategia de operación hasta que falle. Se aplica principalmente en los componentes electrónicos (Duffua, 2000).

El mantenimiento correctivo como base del mantenimiento tiene algunas ventajas indudables:

- No genera gastos fijos.
- No es necesario programar ni prever ninguna actividad.
- Solo se gasta dinero cuando está claro que se necesita hacerlo.
- A corto plazo puede ofrecer un buen resultado económico.
- Hay equipos en los que el mantenimiento preventivo no tiene ningún efecto, como los dispositivos electrónicos.

El mantenimiento correctivo como base del mantenimiento tiene algunas desventajas indudables:

- Las averías se presentan en forma imprevista lo que origina trastornos a la producción.
- Riesgos de fallos de elemento difíciles de adquirir, lo que implica la necesidad de existencias de repuestos importantes.
- Baja calidad del mantenimiento como consecuencia del poco tiempo disponible para reparar.

Tipos de mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo según la falla o avería se puede clasificar de la siguiente manera:

Mantenimiento correctivo contingente

El mantenimiento correctivo contingente o no planificado es aquel que se realiza de manera forzosa e imprevista, cuando ocurre un fallo, y que impone la necesidad de reparar el equipo antes de poder continuar haciendo uso de él. Este mantenimiento requiere una reparación rápida evitando daños al equipo, de materia prima y de personal que significan pérdidas económicas.

Mantenimiento correctivo programado

Es aquel que tiene como objetivo anticiparse a los posibles fallos o desperfectos que pueda presentar un equipo de un momento a otro. Trata de prever, con base en experiencias previas, los momentos en que un equipo debe ser sometido a un proceso de mantenimiento para identificar piezas gastadas o posibles averías. Asimismo, diagnostica el estado del equipo y permite fijar con anterioridad el momento en que se va a realizar la revisión, de modo que puedan aprovecharse horas de inactividad o de poca actividad.

1.1.2.2. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento se dedica a asegurar una instalación, equipo, maquina u otro activo fijo para que continúen realizando sus funciones principales. Según Duffua (2000) el mantenimiento preventivo es una serie de tareas planeadas previamente, que se llevan a cabo para contrarrestar las causas conocidas de fallas potenciales.

El mantenimiento preventivo se enfoca en la administración de los activos, puede prevenir una falla prematura, reducir su frecuencia, reducir la severidad,

proporciona un aviso de una falla inmediata o incipiente, y reduce el costo en la administración de activos.

El mantenimiento preventivo se lleva a cabo para asegurar la disponibilidad y la confiabilidad de los equipos; la disponibilidad de un equipo puede definirse como la probabilidad de que un equipo sea capaz de funcionar siempre que se necesite. Los equipos tienen una característica, que es poder repararse y mantenerse durante el tiempo especificado para ello. También se conoce como mantenibilidad o simplicidad de mantenimiento y se define como la probabilidad de ser reparado/mantenido durante un tiempo específico.

Consta de dos categorías, las cuales se basan en confiabilidad y estadística, o con base en las condiciones. La primera categoría se basa en los datos obtenidos de registros históricos del equipo. La segunda se basa en el funcionamiento y las condiciones del equipo.

Se puede programar y planear al mantenimiento preventivo con base en el tiempo, el uso o la condición del equipo. El mantenimiento preventivo es preferido frente al mantenimiento correctivo por cuatro razones principales:

- Se reduce la frecuencia de fallas prematuras mediante lubricación adecuada, ajustes, limpieza e inspecciones promovidas por medición del desempeño.
- Cuando la falla no puede prevenirse, la inspección y la medición periódicas pueden ayudar a reducir la severidad de la falla y el posible efecto dominó que puede ocasionar en otros componentes del sistema del equipo.

- Se puede detectar el aviso de una falla inminente, al momento de vigilar la degradación gradual de una función o un parámetro, siendo la calidad del producto o la vibración de una máquina.

Hay diferencias importantes en costos tanto directos como indirectos. Por ejemplo, materiales y pérdida de producción, respectivamente, debido a que una interrupción no planeada provoca un gran daño a los programas de producción y a la producción misma. También se debe al costo real que un mantenimiento de emergencia es mayor que a uno planeado, ya que la calidad de la reparación disminuye por la presión de una emergencia.

1.1.2.3. Mantenimiento TPM

Es el método japonés de gestión total de mantenimiento, que corresponde a técnicas avanzadas sobre mantenimiento preventivo, sistemático y condicional, bajo los conceptos de calidad total y justo a tiempo; involucra y compromete a todo el personal de la empresa con las actividades que implica. Ello con el objeto de optimizar la vida útil y mantener los equipos en perfectas condiciones de trabajo durante la vida útil, para alcanzar los más altos niveles de productividad, confiabilidad y mantenibilidad de los equipos. El objetivo principal es el mejoramiento de la condición corporativa a través del mejoramiento de los empleados y del equipo (Arias & Nuñez, 2007).

Utilizando este mantenimiento podemos lograr:

- Incremento de la productividad, minimizando la utilización de recursos y maximizando los resultados.
- Eliminar grandes pérdidas.
- Incremento de la productividad.

- Optimización de costos.

Al realizar mejoras sustanciales se consigue:

- Reducción de fallas inesperadas en los equipos y reducción de llamadas al servicio técnico.
- El aumento de tiempo de funcionamiento de los equipos genera aumento de tiempo productivo, reducción de paradas, de tiempo de reemplazo y de tiempo de parada para mantenimiento.
- Reemplazo de piezas desgastadas, mejoramiento de lubricación, mejor mantenimiento sistemático lo que conduce al aumento de la velocidad de las máquinas.
- Reducción de costos de mantenimiento por menos trabajos de "apaga incendios", menos atrasos por una mejor utilización.
- Establecimiento de un sistema para la eliminación de toda clase de pérdidas como daños, desgastes, defecto de productos y falla de equipos protegiendo el ciclo de vida total del sistema de producción.

1.1.3. Plan de mantenimiento

Una de las preguntas críticas del mantenimiento preventivo es, ¿qué tarea o serie de tareas deben realizarse para impedir una falla? Si se entiende el mecanismo de la falla real del equipo, se puede decidir qué tareas son lógicas para impedir la falla y cuáles no lo son (Duffua, 2000).

Cada una de las actividades que conducen al establecimiento de un sistema que permite el normal y correcto funcionamiento de las máquinas, incluye todas las actividades que forman el mantenimiento correctivo programado, correctivo urgente y preventivo. Para llevar a cabo una buena

planeación, se deben conocer los equipos, tener un análisis de su historia, tener en cuenta las observaciones de usuarios y operarios ejecutores, implementar rutinas de trabajo (Montaña, 2006).

La realización de este plan debe llevarse a cabo solamente cuando se han ejecutado diversos procesos.

Servicio o mantenimiento sistemático

Es el que se lleva a cabo para evitar fallas o daños prematuros y prolongar la vida útil del equipo. Incluye la limpieza, lubricación y la inspección.

La inspección

Consiste en todas las medidas con las cuales se determina y valora el estado del equipo, se realiza paralela a las actividades sistemáticas y tiene como propósito identificar los elementos o mecanismos, que de manera visual o táctil, presenten o se encuentren próximos a deterioro, oxidación, mugre, fractura, posición impropia o falta de funcionalidad total o parcial. La rutina arroja como resultado el realizar con anticipación la planeación y programación de las medidas para ejecutar la reparación con antelación de acuerdo a los requerimientos productivos.

La inspección, en dos etapas, la desarrollan los operarios.

Rutinaria

En esta inspección el operario observa durante la marcha normal de trabajo, los sistemas que no marchan dentro de los parámetros normales, dado

ello por la mala calidad de la impresión o por frecuentes inconvenientes presentados durante el rodaje. Se realiza con base en el conocimiento de la máquina y la experiencia del operario.

Programada

Esta inspección se efectúa durante el tiempo programado de limpieza y lubricación semanal, que realizan los operarios durante el tiempo programado por producción para este efecto.

Reparación o ejecución

Son las actividades llevadas a cabo para colocar el equipo en su estado óptimo.

Un plan de mantenimiento bien diseñado es aquel que ha hecho el análisis de todos los fallos posibles para poder solucionarlos, entonces, para elaborar un buen plan de mantenimiento es necesario realizar a fondo un análisis de fallos de los sistemas que componen la planta (García, 2015).

Para elaborar un plan de mantenimiento se puede hacer de tres formas:

- Forma 1: Recopilar las recomendaciones de los fabricantes de los distintos equipos que componen la planta y agruparlas por gamas de mantenimiento; una gama de mantenimiento se define como el conjunto de actividades planificadas que poseen elementos específicos en común, los cuales permiten y justifican esta agrupación, y otorgan al conjunto de una facilidad para ser ejecutado y gestionado.

- Forma 2: Es realizar un plan de mantenimiento basado en protocolos de mantenimiento, parten de la idea de que los equipos se pueden agrupar por tipos, y a cada tipo le corresponde la realización de una serie de tareas con independencia de quien sea el fabricante.
- Forma 3: Se realiza basado en un análisis de fallos que pretenden evitarse, es sin duda el modo más completo y eficaz de realizar un plan de mantenimiento.

1.1.4. Matriz de mantenimiento de clase mundial

La matriz de clase mundial es una forma gráfica de exponer las relaciones entre las diferentes iniciativas de mantenimiento de clase mundial, como las órdenes de trabajo, planes de mantenimiento, programas de mantenimiento e indicadores de mantenimiento (Vásquez, 2010).

Ayuda a establecer los niveles y etapas de desarrollo del mantenimiento en cada una de las organizaciones y el grado de avance en los mismos; contiene diez elementos alineados con las mejores prácticas de la industria. Estos elementos miden la madurez del proceso de mantenimiento en la organización con base en la aplicación de los procesos de mantenimiento y confiabilidad adecuados para la empresa.

Suele ser acompañada de un código de colores y porcentajes de medición que son auditados para dar seguimiento a la implementación de las iniciativas de mantenimiento, de esta forma se pueden planificar las estrategias necesarias para alcanzar el mantenimiento de clase mundial.

1.1.4.1. Estrategias de mantenimiento

Evalúa la capacidad de la compañía para definir e implementar planes de mejora continua a mediano y largo plazo, incluyendo la revisión de planes y programas de mantenimiento preventivo de los equipos (Vásquez, 2010).

1.1.4.2. Administración y organización

Según Vásquez (2010) se evalúa la interacción de la organización de mantenimiento con las demás áreas de la compañía (Producción, Ingeniería, Proyectos, Materiales, Talento Humano, Logística, Financiera, etc.).

1.1.4.3. Planificación y programación

Evalúa la capacidad y madurez de los procesos de planificación y programación de trabajos de mantenimiento, y la existencia de grupos formales de ingeniería de mantenimiento que aseguren el correcto direccionamiento y la optimización de la estrategia de mantenimiento de la organización (Vásquez, 2010).

1.1.4.4. Técnicas de mantenimiento

Vásquez (2010) considera la correcta utilización de las técnicas de mantenimiento predictivo y monitoreo de condición (CBM) para soportar los trabajos sobre equipos dinámicos, y la ejecución de planes de inspección de equipos estáticos utilizando métodos de ensayos no destructivos (NDT).

1.1.4.5. Tecnologías de la información

Se evalúa la existencia y utilización adecuada de un sistema computarizado de administración de las actividades de mantenimiento, y su interrelación con otros sistemas corporativos de gestión de producción, materiales, costos, etc. (Vásquez, 2010).

1.1.4.6. Involucramiento de los empleados

Mide el compromiso, la autonomía y participación del personal de mantenimiento para colaborar en el logro de los objetivos de la empresa, por medio de la definición de mecanismos formales de análisis y mejoramiento de los procesos.

1.2. Equipo de impresión digital *full color* Challenger 3208H

Es una impresora digital de gran formato, de 3.20 metros de ancho de impresión con un sistema de tintas a base de solventes, utilizando cabezales Seiko SPT 510 de 35 PL, que usa ocho o cuatro cabezales de impresión a cuatro colores.

1.2.1. Descripción del equipo

Conocido como equipo de impresión digital de gran formato o *plotter* de impresión es un equipo que se utiliza junto con la computadora e imprime en forma lineal. Se utilizan en diversos campos: ciencias, ingeniería, diseño, arquitectura, etc. Muchos son monocromáticos o de 4 colores también hay de ocho y doce colores.

Se denominan de gran formato ya que es posible realizar impresiones de hasta 5 metros de ancho por 50 metros de ancho en un solo lienzo; esto quiere decir sin ningún tipo de unión. Este tipo de impresión se usa en la industria para dar a conocer sus productos, por lo que se vale del impacto visual llamado gigantografía, para lo que utiliza el sistema de inyección de tintas a base de solventes, eco-solventes y tintas UV.

Figura 1. **Equipo de impresión digital *full color* Challenger**



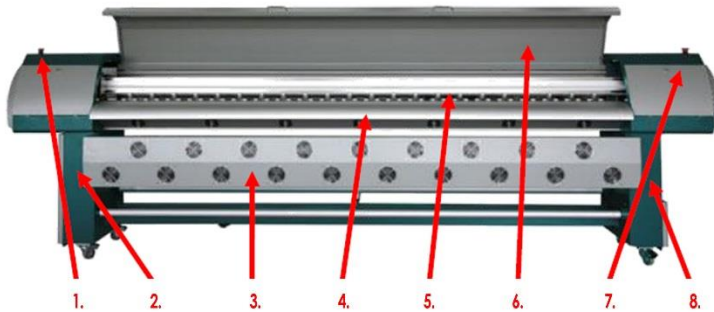
Fuente: Empresa Pintores Maestros La Magia del Color

1.2.2. Operaciones básicas del equipo

Las operaciones básicas del equipo se detallan en las siguientes figuras para una mayor comprensión.

En la Figura 2 se observan las operaciones frontales que se realizan en el equipo.

Figura 2. Operaciones básicas del equipo frontal 2

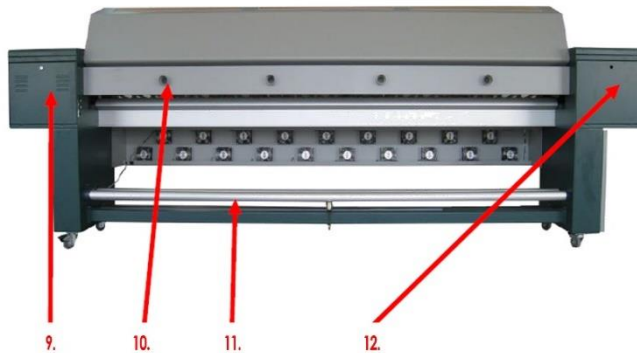


1. Interruptor de emergencia izquierdo
2. Caja de máquina inferior izquierda
3. Sistema de ventilación para secado
4. Plataforma de impresión
5. Regla graduada para montaje de material
6. Cubierta de la impresión
7. Interruptor de emergencia derecho

Fuente: elaboración propia.

En la Figura 3 se observan las operaciones posteriores que se realizan en el equipo.

Figura 3. Operaciones básicas del equipo posterior

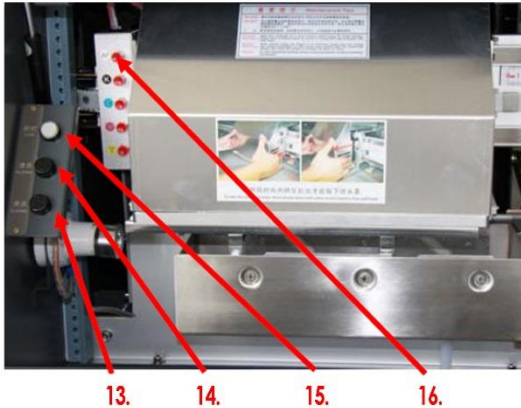


9. Caja de control de circuitos
10. Caja escape de gases
11. Soporte para rollos de impresión y alimentador de material
12. Caja superior izquierda de la máquina

Fuente: elaboración propia.

En la Figura 4 se observan las operaciones referentes al control de limpieza de los cabezales del equipo.

Figura 4. **Control de limpieza de cabezales**



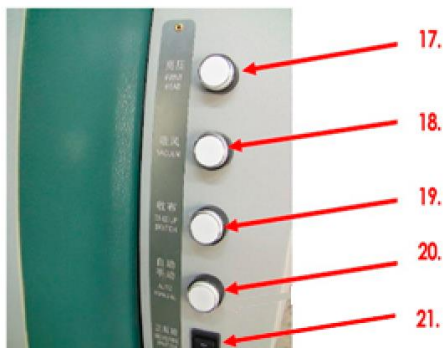
- 13. Interruptor de disolvente de limpieza
- 14. Interruptor de disolvente de limpieza
- 15. Interruptor de iluminación
- 16. Interruptor de purga e interruptores de purgas individuales

Interruptor de purga "AF" se utiliza para limpiar los cabezales de impresión

Fuente: elaboración propia.

En la Figura 5 se observa el control de alimentación y recolección de material que realiza el equipo.

Figura 5. **Control de alimentación y recolección de material**

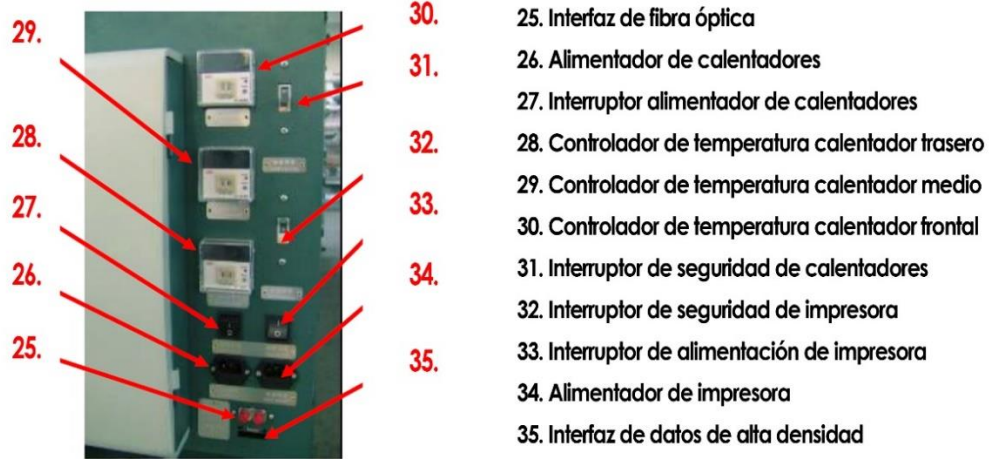


- 17. Cambiar voltaje a los cabezales
- 18. Interruptor para succionar material de la bandeja de impresión
- 19. Interruptor de medios de comunicación
- 20. Interruptor modo manual o automático
- 21. Interruptor de dirección de motor de material utilizado

Fuente: elaboración propia.

En la Figura 6 se observa el tablero de control de potencia y de precalentamiento de material del equipo.

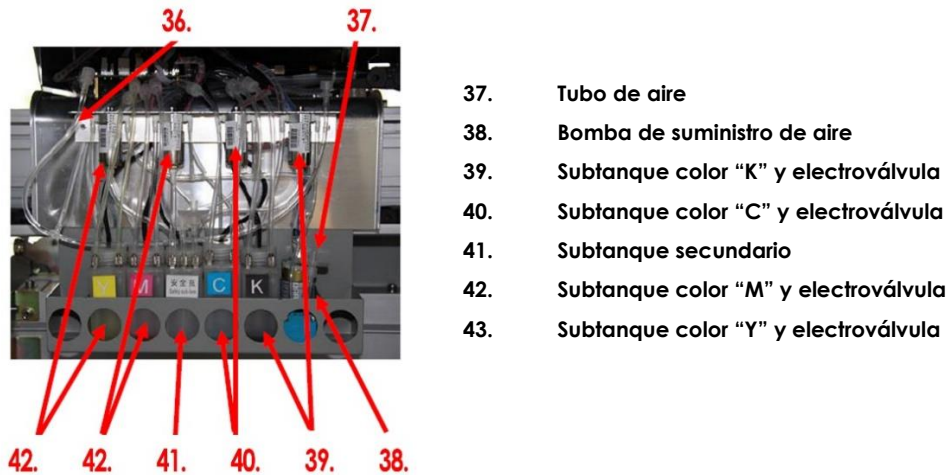
Figura 6. **Tablero de control de potencia del equipo de impresión**



Fuente: elaboración propia.

En la Figura 7 se observa el suministro de tinta, así como los subtanques de tintas del equipo según cada color.

Figura 7. **Sistema de suministro de tinta del equipo de impresión digital**



Fuente: elaboración propia.

1.2.3. **Proceso de impresión digital a gran formato**

Es un proceso que se realiza en materiales de gran tamaño, desde papel hasta plásticos de gran densidad como las lonas, vinil adhesivo, vinil microperforado, telas, *canvaks*; estos son usados generalmente en espectáculos, exposiciones, rotulación, *banners* y pendones comerciales.

Puede categorizarse por el tipo de proceso de transferencia de tinta que se emplea, en lugar de imprimir en hojas individuales se utilizan rollos de impresión que alimentan de forma directa al equipo, teniendo en cuenta el tamaño de estas impresiones la resolución de las imágenes es verdaderamente increíble.

En el ámbito de la publicidad el tamaño importa, y los anuncios grandes tienen una mayor posibilidad de captar la atención de las personas lo que conlleva al incremento de la utilización de este tipo de equipos.

Una impresora de gran formato no es un equipo que podamos imprimir y luego almacenarlo; estos equipos están diseñados para ser utilizados de forma intensiva por lo que generalmente funcionan todo el día.

1.2.4. Cabezal Seiko SPT 510 35 PL

SII Printek proporciona el cabezal de impresión piezoeléctrico *Drop On Demand*, que busca satisfacer al cliente personalizando los materiales, las estructuras y el método de conducción del cabezal de impresión y apoyando la tecnología relacionada con chorro de tinta como amortiguadores de aire para ser compatible con una amplia gama de aplicaciones.

Este cabezal cuenta con 510 inyectores con una resolución nativa de 180 dpi y una máxima de 720 dpi. 35 pico litros con una frecuencia de la leña de 6.46 u 8.29 kilociclos. La serie del SPT de la tinta de la impresora del SII se diseña para la integración en una variedad de usos de la impresión. Ofrece una frecuencia rápida de la leña y una alta precisión con una vida usable solitaria.

Figura 8. **Cabezal Seiko SPT 510 35 PL**



Fuente: Pintores Maestros La Magia del Color.

Tabla I. Especificaciones del cabezal Seiko SPT 510 35 PL

Descripción	Seiko 510/35	Unidad
Ancho de Impresión	72	Mm
Nozzles activos	510	-
Resolución Nativa	180	dpi
Flujo mínimo nominal de la gota	35 (Binario)	pl
Disparo típico de frecuencia	8	kHz
Peso del cabezal (Seco)	200	gr
Dimensiones	125.5 x 88.5 x 30	Mm
Compatibilidad de tintas	Base Solvente	

Fuente: *Manual de operaciones impresora fy 3208h cabezal seiko sp 510 55pl, versión 2.5.*

2. ESTADO DEL EQUIPO CHALLENGER 3208H

La información del equipo se recopila con la ayuda del personal encargado de operar el mismo, no se cuenta con un registro o bitácora de actividades que se realizan antes de que este inicie sus funciones diarias.

2.1. Equipo de impresión digital a gran formato

El equipo cuenta con una serie de rutinas diarias en las que prevalece una pequeña limpieza superficial, una lubricación en partes necesarias del equipo antes de ponerlo en funcionamiento, la cual se limita a la inspección propia del personal que la utiliza.

Las prácticas realizadas de mantenimiento del equipo, en su afán de una mayor producción, han llevado a paradas imprevistas del equipo, que para solucionar averías presentadas se carece de recursos humanos, técnicos o económicos.

Al realizar el diagnóstico actual de la función de mantenimiento (personal, recursos y equipo), se recopiló información y condiciones generales de las labores ejecutadas en el equipo.

Se establece que el mantenimiento en la empresa Pintores Maestros La Magia del Color, se encuentra como un proceso de apoyo, este se ha llevado a cabo por las recomendaciones del fabricante y el interés de la empresa por mantener su equipo en adecuadas condiciones.

2.2. Ficha técnica del equipo

El equipo de impresión marca Challenger FY 3208H es un equipo de gran aceptación dentro del mercado, puesto que cuenta con dimensiones y características de impresión y productividad superiores para este tipo de maquinaria.

Tabla II. **Ficha técnica del equipo**

Especificación		
Modelo	FY-3208H	
Cabezal de impresión	SPT510-35PL	FY-252C-212C
Número de cabezal de impresión	8, 4 cabezas	año fiscal
Max. ancho de impresión	3200mm	FY-182C
Max. anchura medios	3250mm	
Cantidad de salida	Modo de Impresión	Output (m ² /h)
	360x360 1 pase	101
	240x720 2 pase	76
	240x1080 3 pase	51
	360x1080 3 pase	34
Tinta	720x720 4 pase	26
	Tipo	Solvente
	Color	(C, M, Y, K)
	Volumen	1 litro o 5 litros tanque principal
	sistema de suministro de tinta	sensor de nivel de tinta. Auto-bombeo
Medios de comunicación	bandera PVC, vinilo, película, poliéster, etc	
Sistema de alimentación	Rollo u hoja (Max. peso: 120 kg)	
Ph. Sistema de limpieza	limpieza de presión positiva. Anti-obstruido función de flash. sistema de taponado.	
Sistema de calefacción	Pre-calentador y de control del calentador frontal. Max. 80 ° do	
Abrazadera	Equipado	
Transferencia de datos	Fibra óptica	
altura de los cabezales	distancia ajustable de 2 mm ~ 4 mm.	
DEP	PhotoPrint, Maintop, UltraPrint, Topaz, Wasatch, Caldera	
Voltaje de entrada	AC220V , 50Hz / 60Hz	
Dimensión de la impresora / Peso	L4600xW820xH1320mm / 389KG	
Dimensión del paquete / Peso	L4630xW1050xH920mm / 589KG	

Fuente: *Manual de operaciones impresora fy 3208h cabezal seiko sp 510 55pl, versión 2.5.*

2.3. Órdenes de trabajo anteriores del equipo

La empresa no cuenta con órdenes de trabajo para el equipo de impresión digital a gran formato, hecho que se corroboró al recopilar la información por medio de las observaciones y experiencias que los operadores han tenido con el equipo.

2.4. Fallas frecuentes

Las fallas frecuentes del equipo se obtienen por medio de la experiencia de cada uno de los operarios del equipo mediante el test de impresión, ya que se carece de órdenes de trabajo.

Tabla III. **Fallas frecuentes del equipo**

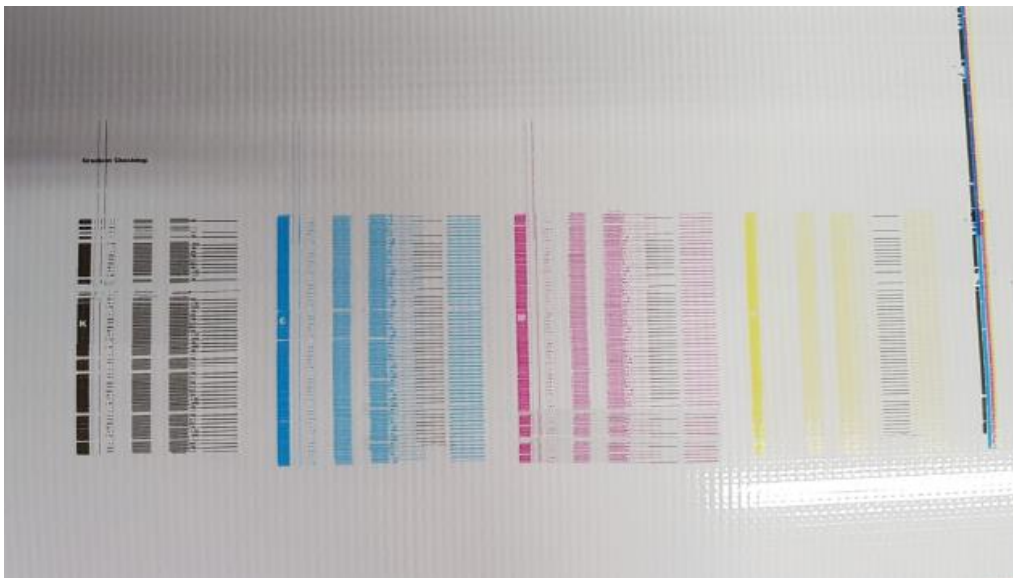
Fallas frecuentes		
<i>Falla</i>	<i>Determinación de la falla</i>	<i>Procedencia de la falla</i>
Taponamientos	Test de impresión	Filtros, suministro de tinta, fibra óptica defectuosa
Caídas de voltajes	Test de impresión	Fibra óptica defectuosa
Error de impresión	Saltos de material	Suministro de luz
Paro de equipo	Tarjeta madre dañada	Suministro de luz
Impresión defectuosa	Test de impresión	Suministro de luz, fibra óptica, suministro de tinta

Fuente: elaboración propia.

2.5. Procedimiento de protección mecánica-eléctrica del equipo

El equipo carece de un mecanismo de protección mecánica-eléctrica; el equipo está conformado por piezas eléctricas, electrónicas, las cuales con cualquier corte de suministro eléctrico imprevisto pueden sufrir daños que pueden iniciar con una falla simple y después extenderse sin control en forma encadenada.

Figura 9. Test de impresión actual del equipo de impresión



Fuente: elaboración propia.

La falta de este tipo de protección ocasiona paros imprevistos al equipo. Este se refleja al iniciar el funcionamiento del equipo, el cual puede provocar a largo o mediano plazo daños irreversibles al equipo, lo que ocasionará gastos.

Figura 10. Voltajes actuales del equipo de impresión

The screenshot shows a printer control interface with a 'Heads Temperature/Voltage' section. It includes a table of settings for different colors and nozzles, with 'Enable Adjustment' checked and 'Measurement' set to '+/- 0.5 V'.

Colors:	K	C	M	Y	k[0]	k[0]	k[0]	k[0]						
Temp.(C):	25.1	29.0	26.2	25.5	44.6	44.6	44.6	44.6						
Volt.(V):	18.3	19.7	18.6	20.2	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5						
Def. Volt.:	20	23.7	21.4	21.2	20.2	20	20.3	20.2	1.121	1.121	1.121	1.121	1.121	1.121
Offset:	-1.3	3	-2.1	-1.5	-3	-3.5	-1.5	-1	21.3	21.3	21.3	21.3	21.3	21.3

Enable Adjustment Measurement: +/- 0.5 V

Fuente: elaboración propia.

3. PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento preventivo tiene el objetivo de mantener en buen estado su funcionalidad y restaurarlo en caso necesario, y así permitir con ello su preservación y mejora, acompañado de una visión corporativa de acuerdo a las metas trazadas y el modelo de la empresa.

3.1. Plan de mantenimiento sugerido

La gestión del mantenimiento, agrupa las iniciativas enfocadas directamente a las rutinas de mantenimiento, la documentación de estas rutinas y las filosofías que posee el mantenimiento de clase mundial.

La matriz de clase mundial se desarrolla para aumentar la productividad de las empresas, es un conjunto de ideas y fuerzas dirigidas a reorientar la estrategia de manutención hacia un enfoque proactivo, disciplinado en prácticas estandarizadas (ver Tabla IV).

El plan de mantenimiento preventivo basado en la matriz de clase mundial se enfocará en tener una productividad consecutiva del equipo de impresión digital, que cada uno de los operarios debe regirse a un mismo patrón de mantenimiento y a un objetivo de producción.

Tabla IV. **MCM focalización de aspectos**

MANTENIMIENTO DE CLASE MUNDIAL MCM
Exige la focalización de los siguientes aspectos:
Excelencia en los procesos
Calidad y rentabilidad de los productos
Motivación y satisfacción personal y de los clientes
Máxima confiabilidad
Logro de producción requerida
Máxima seguridad personal
Máxima protección ambiental

Fuente: elaboración propia

3.1.1. **Tarjeta de información del equipo**

La tarjeta de información del equipo es el documento donde se consigna informaciones importantes del equipo. Esta se consolidó con el fin de describir las características permanentes del equipo (ver Figura 11 y Figura 12).

Figura 11. Tarjeta de información del equipo frontal



TARJETA INFORMACIÓN DEL EQUIPO ACTUALIZADA: OCTUBRE 2018

DATOS GENERALES			
MÁQUINA:	Impresora Challenger		CÓDIGO: 3208H
MODELO:	No. DE SERIE:	MARCA:	FABRICANTE:
FY-3208H	32026207286	Challenger	FEI YEUNG UNION
COLOR:	AÑO DE INSTALACIÓN:		
GRIS/VERDE	2009		

DATOS DE LA EMPRESA UBICACIÓN			
Nombre	Representante	País o ciudad	Dirección
PINTORES MAESTROS LA MAGIA DEL COLOR	Mario René Sánchez Paz	Guatemala	7ma. Calle 31-33 zona 4, Biv. Bosques San Nicolás Zona 4, Mixco, Guatemala
Razón social empresa	Teléfono	Email	NIT 682756- k
PINTORES MAESTROS	+502 2434-3231	pintoresmaestros@yahoo.com mismantasvinilicas@gmail.com	Régimen: Sujetos a Pagos Trimestrales

INFORMACIÓN COMERCIAL			
PROVEEDOR			
Nombre	Representante	País o ciudad	Dirección
GP PRODUCTOS DIGITALES	Ing. Luis Santos	Guatemala	Calleada Alvarado Tzul 22-00, Zona 12, El Cortijo Empresarial II Ofibodega 104, Guatemala City, Guatemala
Razón social empresa	Teléfono	Email	Página web
GP PRODUCTOS DIGITALES	+502 2462 9600	servicio1@grupoproyeccion.com	www.grupoproyeccion.com



Fuente: elaboración propia.

Figura 12. Tarjeta de información del equipo trasera



Asesoría Técnica y Consultoría en Recubrimientos
7ma. Calle 31-33 zona 4, Boulevard Bosques de San Nicolás, Mxico, Guatemala.
Tels. 2434-3231 / 4234-0445

TARJETA INFORMACIÓN DEL EQUIPO ACTUALIZADA OCTUBRE 2018

Especificación		
Modelo	FY-3208H	
Cabezal de impresión	SPT510-35PL	FY-252C-212C
Número de cabezal de impresión	8, 4 cabezas	año fiscal
Max. ancho de impresión	3200mm	FY-182C
Max. anchura medios	3250mm	
Cantidad de salida	Modo de Impresión	Output (m ² / h)
	360x360 1 pase	101
	240x720 2 pase	76
	240x1080 3 pase	51
	360x1080 3 pase	34
Tinta	720x720 4 pase	26
	Tipo	Solvente
	Color	(C, M, Y, K)
	Volumen	1 litro o 5 litros tanque principal
	Sistema de suministro de tinta	Sensor de nivel de tinta. Auto-bombeo
Medios de comunicación	Bandera PVC, vinilo, película, poliéster, etc.	
Sistema de alimentación	Rollo u hoja (Max. peso: 120 kg)	
Ph. Sistema de limpieza	Limpieza de presión positiva. Anti-obstruido función de flash. Sistema de taponado.	
Sistema de calefacción	Pre-calentador y de control del calentador frontal. Max. 80 s do	
Abrazadera	Equipado	
Transferencia de datos	Fibra óptica	
Altura de los cabezales	Distancia ajustable de 2mm - 4mm	
DEP	PhotoPrint, Maintop, UltraPrint, Topaz, Wasatch, Caldera	
Voltaje de entrada	AC220V , 50Hz / 60Hz	
Dimensión de la impresora / Peso	L4600xW820xH1320mm / 389KG	
Dimensión del paquete / Peso	L4630xW1050xH920mm / 589KG	



Fuente: elaboración propia.

3.1.2. Hoja de vida del equipo

La hoja de vida es la bitácora de reparaciones, en ella se involucra las rutinas básicas de mantenimiento, se describen actividades, fechas, repuestos y responsable que realiza la tarea (ver Figura 13).

Figura 13. Hoja de vida del equipo propuesta



HOJA DE VIDA DEL EQUIPO ACTUALIZADA: OCTUBRE 2018

Máquina:

Ubicación:



Fecha inicio D/M/A	Actividad	Fecha final D/M/A	Mtto		Repuestos	Responsable
			P	C		

Fuente: elaboración propia.

3.2. Orden de trabajo sugerida

Es el documento que se entrega al responsable de ejecutar una labor; con ello se espera que se realice en el equipo lo solicitado. Esta orden posee número de orden, fecha, información del solicitante, prioridad de ejecución, tipo de trabajo (ver Figura 14).

Finalizada la OT, se debe describir el trabajo realizado, control de tiempos, los materiales, repuestos, para que el responsable pueda estimar repuestos y materiales a utilizar.

3.3. Inspección diaria sugerida

La rutina diaria sugerida de mantenimiento relaciona las actividades que los operarios realizan cotidianamente, las instrucciones indicadas son para el monitoreo del equipo con el fin de mantenerlo en buen estado para su funcionamiento (ver Figura 15).

3.4. Inspección semanal sugerida

La rutina semanal sugerida se recomienda normalmente realizarlo en el transcurso de la semana distribuyendo la carga de trabajo en el transcurso de esta. Por condiciones de la empresa, tienen programada realizarlas el día lunes al iniciar la jornada de trabajo (ver Figura 16).

Figura 14. Orden de trabajo sugerida



ORDEN DE TRABAJO DEL EQUIPO ACTUALIZADA: OCTUBRE 2018

No. Orden	Fecha	Solicitado por
Máquina	Ubicación	
Tipo de orden		Prioridad
Correctivo ()	Preventivo ()	Urgente ()
Programado ()		Programada ()
Tipo de trabajo		
Mecánico ()	Eléctrico ()	Instrumental ()
	Otro ()	Cuál

DESCRIPCIÓN DE LA ORDEN
DEBE SER DILIGENCIADO POR EL RESPONSABLE DE MANTENIMIENTO

TRABAJO EJECUTADO

CONTROL DE TIEMPOS			
	FECHA / HORA INICIO	FECHA / HORA FINAL	DURACIÓN (DÍAS-H)
PROGRAMADO			
REAL			

GASTO REAL					
DESCRIPCIÓN	SERVICIO	MATERIAL	CANTIDAD		VALOR
			ESTIMADO	REAL	

Realizado por	Revisado por	Aprobado por



Fuente: elaboración propia.

Figura 15. Inspección diaria sugerida



Asesoría Técnica y Consultoría en Recubrimientos
7ma. Calle 31-33 zona 4, Boulevard Bosques de San Nicolás, Mixco, Guatemala.
Tels. 2434-3231 / 4234-0445

INSPECCIÓN DIARIA SUGERIDA ACTUALIZADA: OCTUBRE 2018

Nombre del responsable: _____ **Fecha:** _____

Limpeza	Sí	No
Limpeza superficial del equipo		
Limpeza de soporte de carro de cabezales		
Limpeza soporte de rodamientos		
Limpeza de mesa de impresión		
Limpeza de rodillos de alimentación de material		
Limpeza de motores de alimentación de material		
Limpeza de sensor de alimentación de material		
Limpeza de cables flexibles tarjeta madre		
Limpeza cables flexibles cabezales		
Limpeza tarjeta de cabezales		
Limpeza de carro porta cabezales		
Limpeza cable transmisor de datos		
Limpeza de fibra óptica		
Limpeza de equipo de cómputo		
Revisión de niveles de tanques de tinta principales		



Lubricación	Sí	No
Rodamientos de carro portacabezales		



Impresión	Sí	No
Impresión test de impresión		

	C	M	Y	K
Voltajes				
Rango				

Fuente: elaboración propia.

Figura 16. Inspección semanal sugerida



Asesoría Técnica y Consultoría en Recubrimientos
7ma. Calle 31-33 zona 4. Boulevard Bosques de San Nicolás, Mixco, Guatemala.
Tel. 2434-3231 / 4234-0445

INSPECCIÓN SEMANAL SUGERIDA ACTUALIZADA: OCTUBRE 2018

Nombre del responsable: _____ **Fecha:** _____

Limpeza	Sí	No
Limpieza tarjeta madre		
Aplicación de aire comprimido a tarjeta madre		
Aplicación de limpiador de contactos a tarjeta madre		
Aplicación de aire comprimido a tarjeta de cabezales		
Aplicación de limpiador de contactos a tarjeta de cabezales		
Revisión y limpieza de tuberías de suministro de tintas		
Revisión y limpieza de subtanque de tintas		
Revisión y limpieza de bombas de suministro de tintas		
Revisión y limpieza de cables flexibles de tarjeta madre		
Revisión y limpieza de motores del equipo		
Revisión de nivel del depósito de exceso de tinta		
Test de impresión		
Calibraciones del test de impresión		
Calibración de alineación vertical		



Lubricación	Sí	No
Rodamientos de carro portacabezales		



Impresión	Sí	No
Impresión test de impresión		

	C	M	Y	K
Voltajes				
Rango				



	C	M	Y	K
Impresión alineación vertical de cabezales				
XLT				
XLR				

Fuente: elaboración propia.

3.5. Elementos de protección mecánico-eléctrico

Para evitar fallas catastróficas al equipo y paros inesperados durante el proceso de producción es necesario que este cuente con un sistema de protección. Los elementos que se toman en cuenta para este tipo de protección podemos obtenerlos con la ayuda de la ficha técnica del equipo (Ver Figura 17).

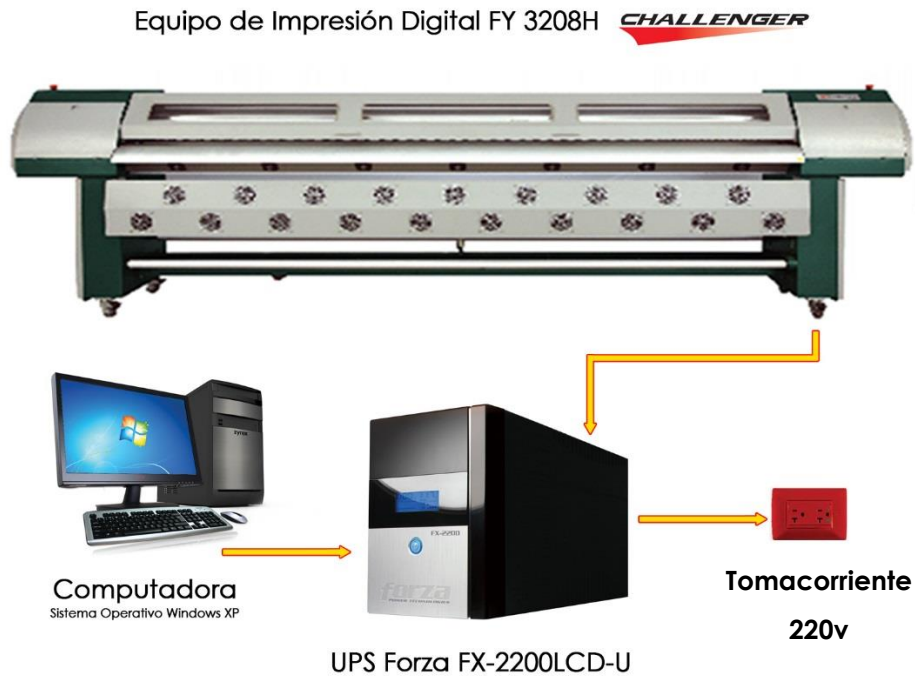
Los elementos de protección serían los siguientes:

Breaker propio: Forma automática de accionamiento eléctrico, interruptor diseñado para proteger un circuito eléctrico de los daños causados por sobrecarga o corto circuito. Al momento de la falla suspende inmediatamente el flujo eléctrico.

Tomacorriente propio: Pieza cuya función es establecer comunicación eléctrica segura con un enchufe macho de función complementaria, de color rojo por el tipo de voltaje que utiliza el equipo.

UPS: Dispositivo que debido a sus baterías proporciona energía eléctrica tras un apagón a todos los dispositivos que tenga conectados, mejora la calidad de energía eléctrica que llega a las cargas, filtrando subidas y bajadas de tensión y elimina armónicos de la red en el caso de usar corriente alterna.

Figura 17. Sistema recomendado de protección mecánico-eléctrico



Fuente: elaboración propia.

Figura 18. UPS recomendado para protección mecánico-eléctrico



FX-2200LCD-U

Nivel de Protección 5
UPS Interactiva

Capacidad: 2200VA/1200W

Topología: Interactiva

Forma de onda: Onda senoidal simulada

Voltaje: 220V

Tipo de entrada: NEMA 5-15P

Tipo de salida: 8 x NEMA 5-15R

Comunicación: USB

Indicador visual: Indicador LCD de estado

Software de gestión: Forza Tracker

Garantía: 3 años (2 años en las baterías)

Fuente: Importaciones Medina.

4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Las recomendaciones del fabricante y la focalización de los aspectos de la matriz de clase mundial una vez son incorporadas, logran una propuesta adecuada del plan de mantenimiento preventivo para el equipo de impresión digital de gran formato.

4.1. **Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para equipo de impresión digital *full color* de gran formato**

El mantenimiento preventivo tiene el objetivo de mantener y restaurar un equipo, asumiendo como acción el sostenimiento del equipo en buen estado y permitir con ello su preservación y la mejora de su funcionamiento.

Plan de mantenimiento sugerido

La gestión del mantenimiento agrupa las iniciativas enfocadas directamente a las rutinas de mantenimiento, la documentación de estas y la filosofía que posee el mantenimiento de clase mundial logran que la gestión sea efectiva.

La matriz de clase mundial es desarrollada para aumentar la productividad de las empresas; es un conjunto de ideas y fuerzas dirigidas a reorientar la estrategia de manutención hacia un enfoque proactivo, disciplinado en prácticas estandarizadas (ver Tabla IV).

El plan de mantenimiento preventivo basado en la matriz de clase mundial se enfocará en tener una productividad consecutiva del equipo de impresión digital, teniendo en cuenta que cada uno de los operarios del mismo deben regirse por el mismo patrón de mantenimiento y el mismo objetivo de producción.

4.2. Rutinas básicas de mantenimiento

La rutina básica de mantenimiento es el conjunto de actividades que se van a realizar para mantener el equipo confiable.

4.2.1. Rutina básica diaria

Estas actividades son las que realizan los operarios cotidianamente; para ello tienen en cuenta las indicaciones del fabricante.

Tabla V. Rutina básica diaria

Rutina básica diaria		
Proceso	Hora	Responsable
Limpieza superficial del equipo		
Limpieza de cabezales impresores		
Lubricación		

Fuente: elaboración propia.

4.2.2. Rutina básica semanal

Son actividades que se realizan una vez por semana, normalmente los días lunes, por ser primer día de trabajo, según exigencias de gerencia.

Tabla VI. Rutina básica semanal

Rutina básica semanal		
Proceso	Hora	Responsable
Limpieza del equipo		
Limpieza de cabezales impresores		
Lubricación		
Limpieza del carro de cabezales		
Limpieza de la mesa de impresión del equipo		
Sopleteado de tarjetas electrónicas del equipo		

Fuente: elaboración propia.

4.3. Hoja de vida del equipo de impresión digital

En esta se detalla toda la información organizada de cada intervención de mantenimiento realizada al equipo y a cada uno de sus componentes.

4.4. Orden de trabajo

Es el pilar de un programa de mantenimiento preventivo, siendo el inicio de cada actividad permite recopilar la información requerida en cada una de las intervenciones al equipo. Es la fuente de información para todos los registros, tiempos, solicitantes, equipo, materiales y costos.

Esta es originada por la solicitud de servicio, por ello es fundamental enlazar con la orden de trabajo, de manera que estén diseñadas para que permitan un manejo y llenado adecuado.

Permite tener en cuenta el registro del trabajo realizado, material y repuesto utilizado, establecer prioridades, asignación de costos precisos y conocer la parte del equipo que fue reparado.

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Dentro de las actividades de mantenimiento que es necesario realizar a diario para que el funcionamiento del equipo sea eficiente, se debe considerar la planificación, en donde se llevan a cabo dentro de un concepto sistemático los planes estratégicos de la empresa. Entre estos se encuentran definir objetivos, necesidades y metas para establecer las actividades de mantenimiento, donde se debe precisar claramente el personal idóneo, materiales, espacios y tiempos.

Para la ejecución del mantenimiento se deben incorporar tareas para resolución de fallas; se deberán realizar de manera rápida dando solución sin demora a los problemas que se hayan presentado y con ello evitar largos períodos con escasa o nula producción. La ejecución de los mantenimientos programados debe basarse en los seguimientos de rutinas diarias y el registro de datos obtenidos anteriormente.

La rutina básica de mantenimiento es el conjunto de actividades que se van a realizar y se efectúan para mantener el equipo confiable. Estas actividades son las que realizan los operarios cotidianamente, teniendo en cuenta las indicaciones del fabricante.

Se logra la mejora de la calidad de producto final en la empresa, mediante un test de impresión uniforme por cada color permitiendo una impresión sin *banding*, generando aceptación y aprovechamiento de materia prima (ver Anexo 2).

Si se compara el estado del equipo antes de la incorporación de un plan de mantenimiento a su estado posterior al mismo, observamos que las visitas técnicas se redujeron de dos visitas mensuales a una visita cada dos meses, siendo esta visita de cortesía por parte de la empresa que suministra los equipos y repuestos para un seguimiento de funcionamiento del equipo.

El aprovechamiento de material y el desperdicio de este fueron notorios, ya que la impresión es uniforme y se evitaron reimpressiones por fallas de *banding* durante el proceso. Los paros debido a bajas de tensión se controlaron gracias a la incorporación de un sistema de protección mecánico-eléctrico, permitiendo terminar la fabricación del producto o bien detener el equipo de manera segura para evitar daños catastróficos al equipo (ver Figura 17).

Entre las limitaciones que se tuvieron durante la realización de la investigación se pueden mencionar el estado de los filtros de suministro de tinta y la tubería de suministros de tinta pues no se ha realizado cambio desde la compra del equipo, hecho que ocasionó el surgimiento del posible sarro interno y que ello provocara taponamientos en los cabezales de impresión.

CONCLUSIONES

1. Se establecieron los métodos basados en las normas de mantenimiento sugeridas por el fabricante del equipo y se evitaron, con su aplicación, fallas y paros innecesarios durante el proceso. Asimismo, con los principios de mantenimiento de clase mundial se incorpora la actualización del mantenimiento preventivo para la mejora de este.
2. Con la implementación de las rutinas diarias de mantenimiento se logró mantener el equipo con una confiabilidad máxima y procesos requeridos para cumplir con la calidad esperada del producto.
3. Se diseñó un sistema de protección mecánico-eléctrico adecuado para el equipo, garantizando su funcionamiento al momento de ocurrir una baja de tensión en la corriente eléctrica.
4. Con la aplicación de la gestión de mantenimiento preventivo para un equipo de impresión digital de gran formato Challenger 3208H basado en la clase mundial; se logró la eficiencia del equipo, que se optimizó notablemente, así como disminuyeron las pérdidas de materia prima.

RECOMENDACIONES

1. Toda gestión de mantenimiento eficiente debe ser revisada y actualizada continuamente. En el programa de mantenimiento preventivo es necesario verificar que las normas sugeridas por el fabricante estén incluidas y sean mejoradas y actualizadas. Es importante tener presente que el fabricante sugiere como norma el cambio de filtros de bombas que suministran la tinta cada seis meses.
2. Dar seguimiento a los cambios propuestos en las rutinas diarias de mantenimiento, asignando a un trabajador (a) de manera específica para que sea el encargado de supervisar y controlar cada aspecto del servicio.
3. Mantener en funcionamiento el sistema de protección mecánico-eléctrico para garantizar así la protección cuando ocurra una baja de tensión en la corriente eléctrica.
4. La empresa Pintores Maestros debe mantener un proceso continuo de análisis y reactualización de su estrategia competitiva. Esto debe ser responsabilidad y prioridad de la Gerencia, que debe invertir tiempo y recursos para desarrollar nuevas estrategias de mantenimiento que le permitan mantener y mejorar su posición en el mercado.

BIBLIOGRAFÍA

1. Arias, T. & Nuñez, P. (2007). *Propuesta de mantenimiento preventivo para la máquina impresora KBA con base en el proceso productivo de la Imprenta Nacional de Colombia*. Universidad Industrial de Santander, Bogotá.
2. Arias, O. & Yépez, J. (2012). S.O., *Sistema de gestión de mantenimiento utilizando software libre para la industria textil Sheyla*. México: Limusa Wiley. Artículo.
3. Botero, H. (2007). *Mantenimiento preventivo*. Bogotá: UIS.
4. Duffua, S.; Raouf, A., & Campbell, J. (2000). *Sistema de mantenimiento planeación y control*. México: Limusa Wiley.
5. Gamarra, J. (2004). *Técnicas de mantenimiento industrial*. Recuperado de <https://es.slideshare.net/JorgeGamarraTolentino/libro-demantenimientoindustrial-24925104>
6. García, S. (2012). *Ingeniería de mantenimiento, manual práctico para la gestión eficaz de mantenimiento*. Renovetec.
7. García, S. (2009). *Mantenimiento correctivo organización y gestión de la reparación de las averías*. Recuperado de [http://www. Renovetec .com/mantenimientoindustrial-vol4-correctivo.pdf](http://www.Renovetec.com/mantenimientoindustrial-vol4-correctivo.pdf)

8. García, S. (2015). Formas de realizar un plan de mantenimiento. Recuperado de <http://www.renovetec.com/590-mantenimiento-industrial/110-mantenimiento-industrial/305-tipos-de-mantenimiento>
9. Gil, L. (2006). *Diseño e implementación de un programa de mantenimiento preventivo para el departamento de mantenimiento general de la Refinería L Libertar Perenco Guatemala Limited*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
10. Gómez, F. (2004). *Tecnología del mantenimiento industrial*. Recuperado de <http://VizZioR/libro-de-mantenimiento-industrial>
11. Kaisers, K. (2007). *A simulation study of predictive maintenance policies and how they impact manufacturing systems*. Iowa Research, EE. UU.
12. Montaña, E. (2006). *Diseño e un modelo de gestión de mantenimiento para maquinas impresoras con base en el proceso productivo de la imprenta nacional de Colombia*. Universidad Industrial de Santander, Bogotá.
13. Mora, L. (2009). *Mantenimiento. Planeación, ejecución y control*. México: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V.
14. Olarte, W.; Botero, M.; & Cañon, B. (2010). *Importancia del mantenimiento industrial dentro de los procesos de producción*. Scenthia, Technica.

15. *Operation Manual* (2009). *Manual de operaciones impresora fy 3208h cabezal seiko sp 510 55pl, versión 2.5.*
16. Rodríguez, E. (2008). *Plan de mantenimiento preventivo para la planta de extrusión e impresión en Plastiline S. A.* Universidad Industrial de Santander, Bogotá.
17. Sierra, G. (2004). *Programa de mantenimiento preventivo para la empresa metalmecánica industrias AVM S.A.* (Tesis Ingeniero Mecánico). Universidad Santander, Bucaramanga.
18. Vásquez, J. (2010). *Situación de la gestión del mantenimiento de las fábricas procesadoras de hule natural técnicamente especificado en Guatemala, según la matriz de clase mundial.* Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
19. Vilorio, J. (1997). *Manual de mantenimiento de instalaciones.* Ediciones Paraninfo.

APÉNDICES

Apéndice 1. Resumen de recursos económicos

Descripción	Monto	Subtotal	Total
Salario técnico hora	Q.1,800.00	Q.7,200.00	Q. 7,600.00
Recopilación de información	Q.500.00	Q.1,000.00	Q. 1,000.00
Alquiler de cables para pruebas	Q.1,200.00	Q.1,200.00	Q. 1,200.00
Alquiler de cables fibra óptica	Q.1,500.00	Q.1,500.00	Q. 1,500.00
TOTAL			Q. 11,300.00

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Listado de repuestos necesarios en bodega

Repuestos	Cantidad
Cable flexible de tarjeta madre a tarjetas de cabezales	2
Cable alimentador de tarjeta de cabezales a cabezales	4
Fibra óptica para transferencia de datos de tarjeta madre a tarjeta de cabezales	1
Bombas de suministro de tinta	4
Tubería de cinco vías de seis metros de longitud	1
Sensor detector de material	1
Filtros para bombas de suministro de tintas	4

Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Los recuadros rojos indican los voltajes de cada cabezal los cuales se encuentran en la parte superior de cada uno, debiendo ser esos los que tienen que colocarse.

El recuadro negro nos indica el rango de variabilidad de cada cabezal dependiendo de la temperatura y estado del cabezal; pudiendo variarlo de +/- 0.5v para evitar daños al mismo.

Anexo 1. Voltajes actuales de cabezales

The screenshot shows the 'Heads Temperature/Voltage' dialog box with the following data:

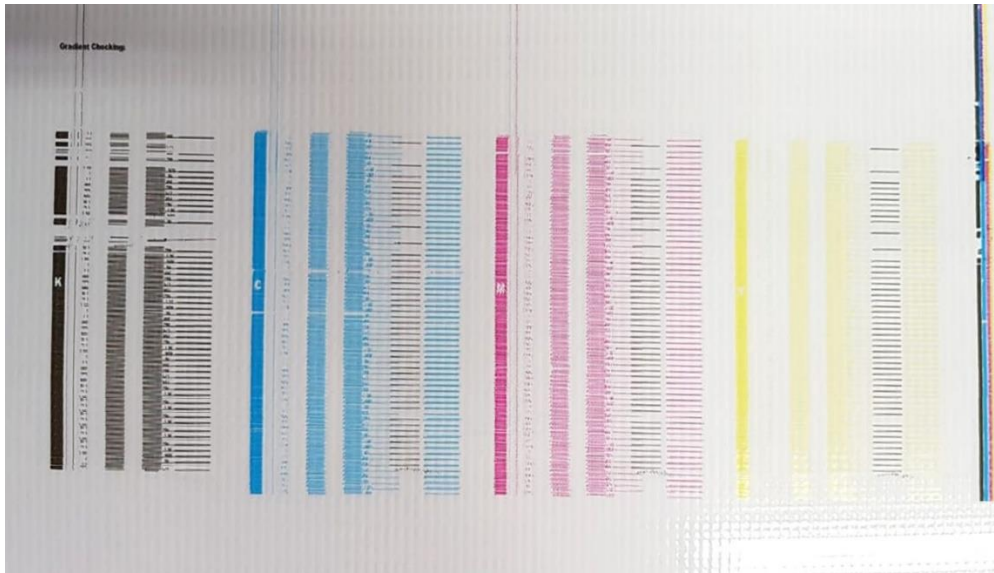
Colors	Y	M	C	K	k0	k0	k0	k0										
Temp.[C]	25.2	26.0	25.5	26.4	8.0	8.0	8.0	8.0										
Volt.[V]	18.8	17.4	16.7	19.1	22.3	21.6	23.0	23.9										
Def. Volt.:	20.3	19.7	19.7	19.3	20.2	20	20.3	20.2	1.121	1.121	1.121	1.121	1.121	1.121	1.121	1.121	1.121	1.121
Offset:	-2.1	-2.1	-2.7	0.6	-3	-3.5	-1.5	-1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1

Enable Adjustment Measurement: +/- 0.5 V Update [U] Ok [O]

Fuente: elaboración propia.

En el test de cabezales de la máquina actual podemos ver una diferencia con la Figura 9 la cual se obtuvo al inicio de este estudio.

Anexo 2. Test de impresión actual de cabezales



Fuente: elaboración propia.